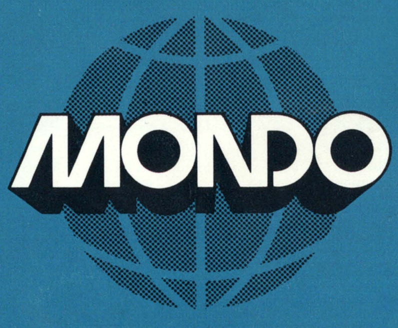
débutant

electronic X1000

Anfänger

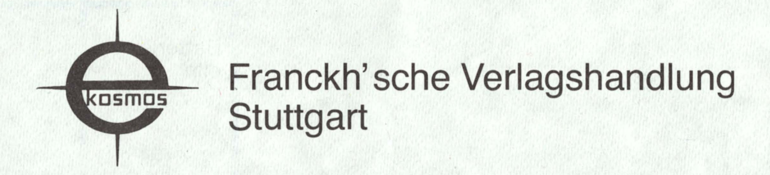


Teil Pièce	Bestell Nr. N° de commande
1. Steckplatte Platine de connexion	60-7010.7
2. Zwei Taster je Deux interrupteurs	60-0036.7
3. Batterie-Clip Clip de pile	60-4210.6
4. Ohrhörer Ecouteur	60-4205.6
5. Leuchtdiode (LED) Diode luminescente (LED)	60-0205.8
6. Beutel lange Drahtbrücken Sachet de fils longs	60-0029.2
7. Beutel kurze Drahtbrücken Sachet de fils courts	60-0028.2
8. Beutel Steckfedern Sachet de fiches-ressort	60-0061.2
9. Zwei npn-Transistor-Module je Deux modules de transistor npn	60-4300.6
10. Bündel Drahtabschnitte Paquet de morceaux de fils	60-4110.2
11. Mittelwellen-Modul Module ondes moyennes	60-4301.6
12. Germanium-Diode Diode au germanium	60-0203.8
13. Zwei Kondensatoren 6,8 nF je Deux condensateurs 6,8 nF	60-0326.8
14. Elektrolytkondensator 100 µF Condensateur électrolytique 100 µF	60-0334.8
15. Elektrolytkondensator 10 µF Condensateur électrolytique 10 µF	60-0335.8
16. Zwei Widerstände 470 Ω je Deux résistances 470 Ω	60-0435.8
17. Widerstand 1 kΩ Résistance 1 kΩ	60-0430.8
18. Widerstand 5,6 kΩ Résistance 5,6 kΩ	60-0405.8
19. Widerstand 15 kΩ Résistance 15 kΩ	60-0432.8
20. Widerstand 33 kΩ Résistance 33 kΩ	60-0413.8
21. Widerstand 100 kΩ Résistance 100 kΩ	60-0425.8
22. Widerstand 220 kΩ Résistance 220 kΩ	60-0434.8
23. Widerstand 680 kΩ Résistance 680 kΩ	60-0443.8

Experimentieranleitung kosmos® elektronic X 1000 / X 2000

Dieses Experimentierbuch besteht aus 2 Teilen.
Die Besitzer des Kastens X 1000 können alle Experimente bis V 111 durchführen.
Besitzer des Kastens X 2000 können zusätzlich die Experimente V 112 bis V 174 durchführen.

Zum Experimentieren wird eine 9-Volt-Batterie Type 6 F 22 gebraucht, die dem Kasten wegen ihrer begrenzten Lagerfähigkeit nicht beigegeben ist.



Inhaltsverzeichnis

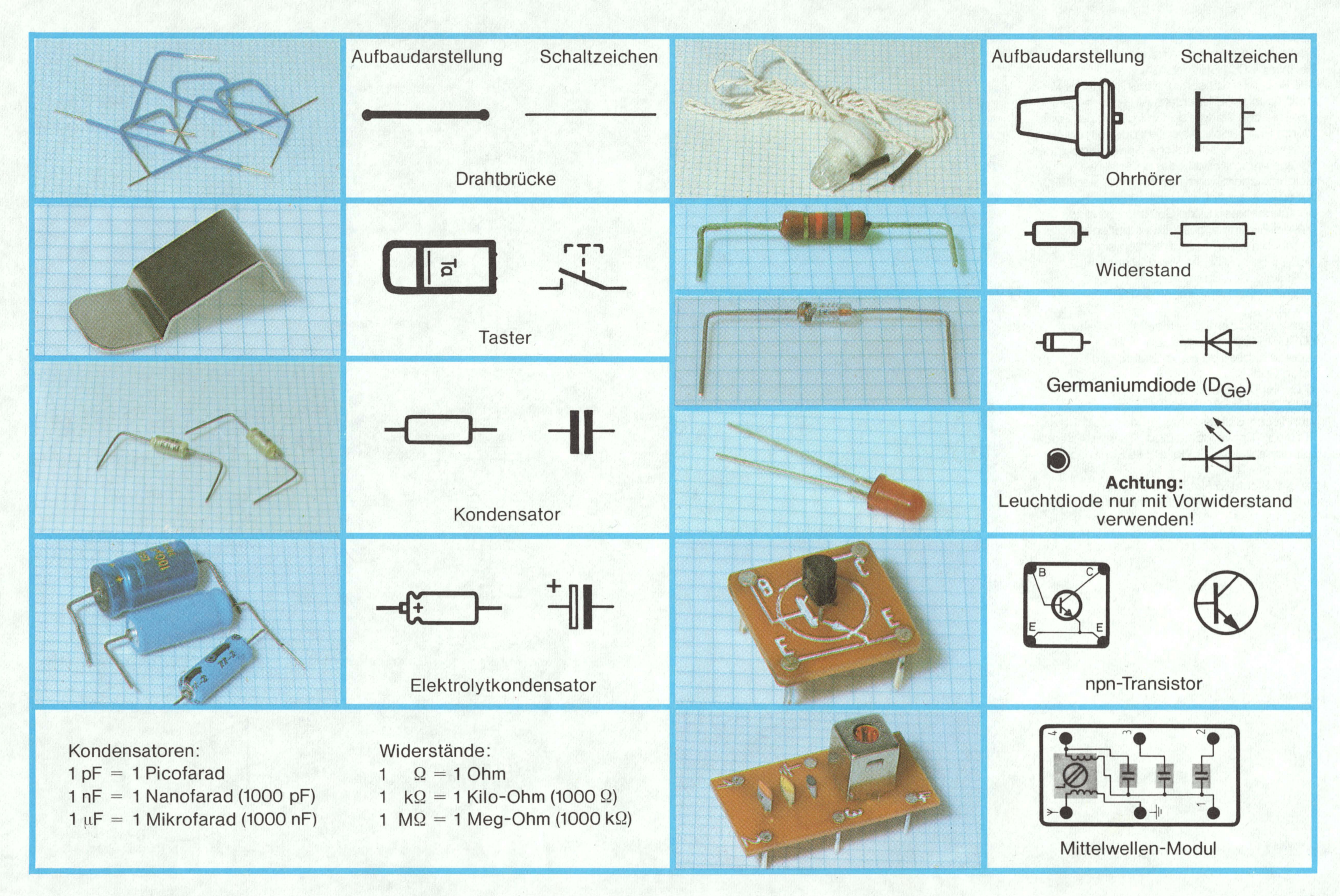
Seite

Teil I
Einzelteilverzeichnis
Bauteile 2
1.Wenn einer eine Reise tut 5
Vorbereiten der Steckplatte 6
Einstecken der Steckfedern 7
Anschließen der Batterie 7
Biegen der Drahtbrücken 7
2.Zum „Kap der Guten Hoffnung" 8
Es geht rund: der Stromkreis 9
Warnt vor Gefahren: das Blinklicht 10
Ganz schön stark: die Stromstärke 12
Ein anderer Blinktakt 13
Das Baustellen-Warnlicht 13
Beleuchtung für Hinweisschild 13
Kontrollicht 13
Ein einfacher Stromkreis 14
Eine Brücke, die nichts trägt 14
Aus eins mach zwei 15
Unterbrechung erwünscht 15
Rette sich, wer kann:
die Überschwemmungsanzeige 16
Der Hochwassermelder 16
Muß fließen: der Strom 17
Direkt geht's auch 17
Regenmelder 17
Pflanzenwächter 18
Nicht nur für Vergeßliche:
der Lichtautomat 18
Automatischer Lichtschalter 18
Wie verkürzt man die Leuchtdauer? 19
Schaltung sucht Verwendung 19
Elektronische Eieruhr 19
Schlummer-Automatik 20
3.Auf dem Weltraumbahnhof 20
Spannend: die Spannung 21
Der Batterietester 21
Welche Spannung hat die Batterie? 22
Ist die Batterie noch gut? 22
Anzeige für mehr als 6 Volt 23
Test für noch höhere Spannungen 23
Prüfung der Autobatterie 23
Störungsstelle: der Widerstand 23
Poppige Farben für Widerstandswerte 24
Mehr Widerstand – weniger Strom 25
Widerstände – parallelgeschaltet 25
Widerstände hintereinander 26
Gut oder schlecht:
der Transistorprüfer 26
Ein starker Stromverstärker:
der Transistor 27
Grundversuche mit dem Transistor 27
Winzige Ströme reichen aus 28
Sensibel: eine elektronische Sensortaste 28
4.In San Francisco 29
Elektrizitätsspeicher:
der Kondensator 30
Zum Merken:
einige einfache Versuche mit dem Kondensator 30
Eine Mini-Blitzlampe 31
Lauter Lärm: die Sirene 32
Ein auf- und abschwellender Ton 33
Die „Schneckensirene" 33
Jetzt wird's heiß: der Brandmelder 33
Scheibenwasserprüfanlage 35
Warnung bei Wassermangel 35
Pflanzen-Kontrollgerät 36
5.Im Rechenzentrum in New York 36
Trickreich: die intelligente Türklingel 37
Computer-Alarmanlage 38
Türklingel mit Gedächtnis 39
Computerlogik 39
Die JA-Schaltung 40
Die NEIN-Schaltung 40
Die UND-Schaltung 41
Die ODER-Schaltung 41
Die UND/NICHT-Schaltung 42
Die ODER/NICHT-Schaltung 42
6.Die Reise nach Ägypten 43
Das Nebelhorn 43
Tönendes Alphabet 44
Welchen Ton erzeugt ein Apfel?
Ein elektronisches Musikinstrument 46
Pfeift bei Niederschlag:
der akustische Regenmelder 47
Widerstände werden hörbar:
der Durchgangsprüfer 48
Stößt Insekten ab:
die elektronische Mückenscheuche 48
7.In den Sendestudios von Paris 48
Taktvoll: das elektronische Metronom 49
Quiz-Uhr auf Elektronisch 50
Ein und Aus per Tastendruck 51
Reagiert auf jeden Tastendruck:
der elektronische Wechselschalter 52
8.Bei Scotland Yard 53
Die Polizeisirene 54
Chancenlose Einbrecher:
die „Scotland Yard"-Alarmanlage 55
Fast unsichtbar: ein dünner Draht 56
Wer dreimal lügt...:
der Lügendetektor 57
Schottische Weisen in Scotland Yard:
Vier-Ton-Dudelsack 57
9.Wieder zuhause 59
Einbahnstraße für Elektronen:
die Diode 59
Zum Merken: Dioden-Grundschaltungen 59
Was zwei Dioden fertigbringen 60
Überträgt Energie durch die Luft:
die Spule 61
Grundversuche mit der Spule 62
Kontakt mit der Welt:
der Radioempfänger 64
Verbesserter Empfang:
der Reflexempfänger 66
Die Reise ist zu Ende –
wie geht es weiter? 66

Fehlersuche 100

Teil II 69



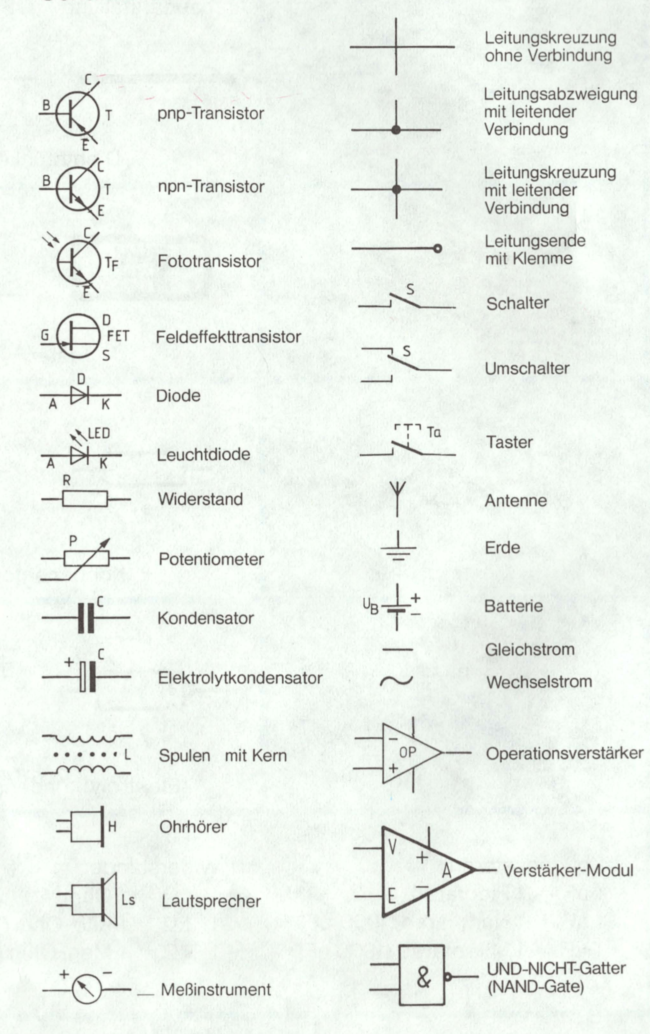


Kondensatoren:
1 pF = 1 Picofarad
1 nF = 1 Nanofarad (1000 pF)
1 µF = 1 Mikrofarad (1000 nF)

Widerstände:
1 Ω = 1 Ohm
1 kΩ = 1 Kilo-Ohm (1000 Ω)
1 MΩ = 1 Meg-Ohm (1000 kΩ)

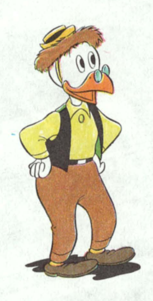
2. Auflage
Franckh'sche Verlagshandlung,
W. Keller & Co., Stuttgart/1985
Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Übersetzung, vorbehalten.
Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.
Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in diesem Experimentierbuch enthaltenen Angaben frei von Schutzrechten sind.
© 1985 Franckh'sche Verlagshandlung,
W. Keller & Co., Stuttgart
Printed in Germany/Imprimé en Allemagne/
L69 BER
Konstruktion der Experimentierausrüstung:
KOSMOS-Entwicklungslabor
Unter Mitarbeit von Hans Gramm und
Ulrich Gohl
© Daniel Düsentrieb bei
WALT DISNEY PRODUKTION
Technische Bildgestaltung und Fotos:
KOSMOS-Entwicklungslabor, Peugeot-Talbot, Lufthansa, NASA, G. Gasser, R. Schauecker, G. Bosch
Layout: Siegfried Fischer, Stuttgart
Druck: Offset-Druckerei Schumacher, Stuttgart

Schaltzeichen



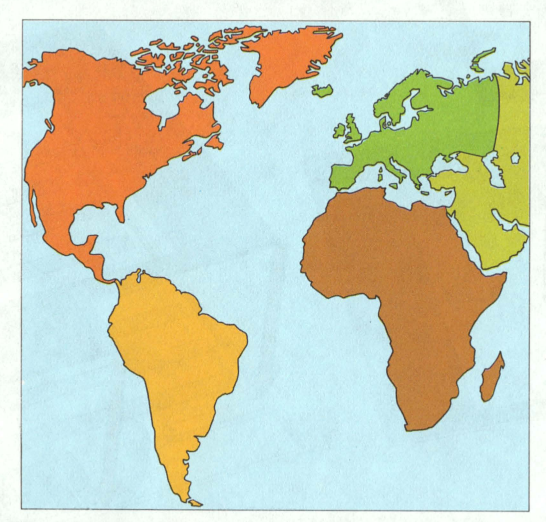
1. Wenn einer eine Reise tut...

dann kann er was erzählen. So heißt ein altes Sprichwort. Und um eine Reise geht es hier. Aber nicht um irgendeinen Urlaub in Italien, auf Mallorca oder in der Lüneburger Heide. Nein, nein, wir fahren in die geheimnisvolle Welt der Elektronik. Da drüben kommt schon der Reisebegleiter.



„Hallo, Ihr kennt mich doch sicher. Aber für die wenigen, denen ich noch nicht begegnet bin, darf ich mich vorstellen. Mein Name ist Daniel Düsentrieb. Ich will mich ja nicht loben, aber die Leute sagen, ich sei ein berühmter Ingenieur. Ich erfinde. Nützliche Dinge, weniger nützliche Dinge und reinen Blödsinn. Denn Blödsinn kann ja auch Spaß machen. Und Spaß muß sein."

Düsentrieb legt seinen Kopf etwas zur Seite, so wie immer, wenn er etwas Wichtiges zu sagen hat. „Es gibt Sachen", murmelt er, „Sachen, die kann man kaum glauben. Aber wer mit mir auf die Reise geht, der wird alles erfahren. Bei mir gibt's keinen Hokuspokus und keine Geheimniskrämerei. Alles werde ich erklären, alles. Damit meine Begleiter auch einmal bekannte Erfinder werden. Nach unserer Fahrt wird man denen kein ‚X' für ein ‚U' vormachen können. In Elektronik sind die dann Spitze!"



Er hat sich richtig in Begeisterung geredet, der Daniel Düsentrieb. „Wie es sich für einen großartigen Techniker gehört, habe ich natürlich auch einen Assistenten. Andy, kommst Du mal eben zu mir?"
Da steht er schon, Düsentriebs Begleiter. „Stellst Du Dich mal vor?" fragt ihn Düsentrieb. „Aber klar! Eigentlich heiße ich ja Andreas, aber alle sagen nur Andy zu mir. Gut, ist mir auch recht."
Kein Mensch weiß warum, aber Andy macht immer Theater, wenn man ihn nach seinem Alter fragt. „Also, ich bin etwas älter als ein Kind, aber etwas jünger als ein Erwachsener."
Andy ist schon richtig neugierig, denn Düsentrieb hat ihm was versprochen. „Wann geht's denn nun los mit der großen Fahrt?"
„Laß mich doch erstmal erzählen, wo es hingehen soll", unterbricht ihn Düsentrieb. „Also: Wir besuchen drei Kontinente und treffen dort eine Menge interessante Leute. Viele werden uns Geschichten erzählen, viele brauchen unsere Hilfe. Und manche werden uns etwas aus ihrem Arbeitsgebiet erklären. Ohne daß wir es recht merken, lernen wir eine ganze Menge dabei."
„Du hast mir aber auch fest zugesagt, daß es nicht langweilig wird", mischt sich Andy ein. Düsentrieb kann ihn beruhigen."Aber klar, da ist immer was los. Spannend wird's auf jeden Fall, denn in der Welt der Elektronik geht's rund: Da fließen Ströme, leuchten und blinken geheimnisvolle Lämpchen, da pfeift und fiept es überall. Weißt Du, was wir jetzt tun?" Düsentrieb hat einen guten Vorschlag. „Jetzt überlegen wir erst einmal, was wir auf unsere Tour mitnehmen wollen."

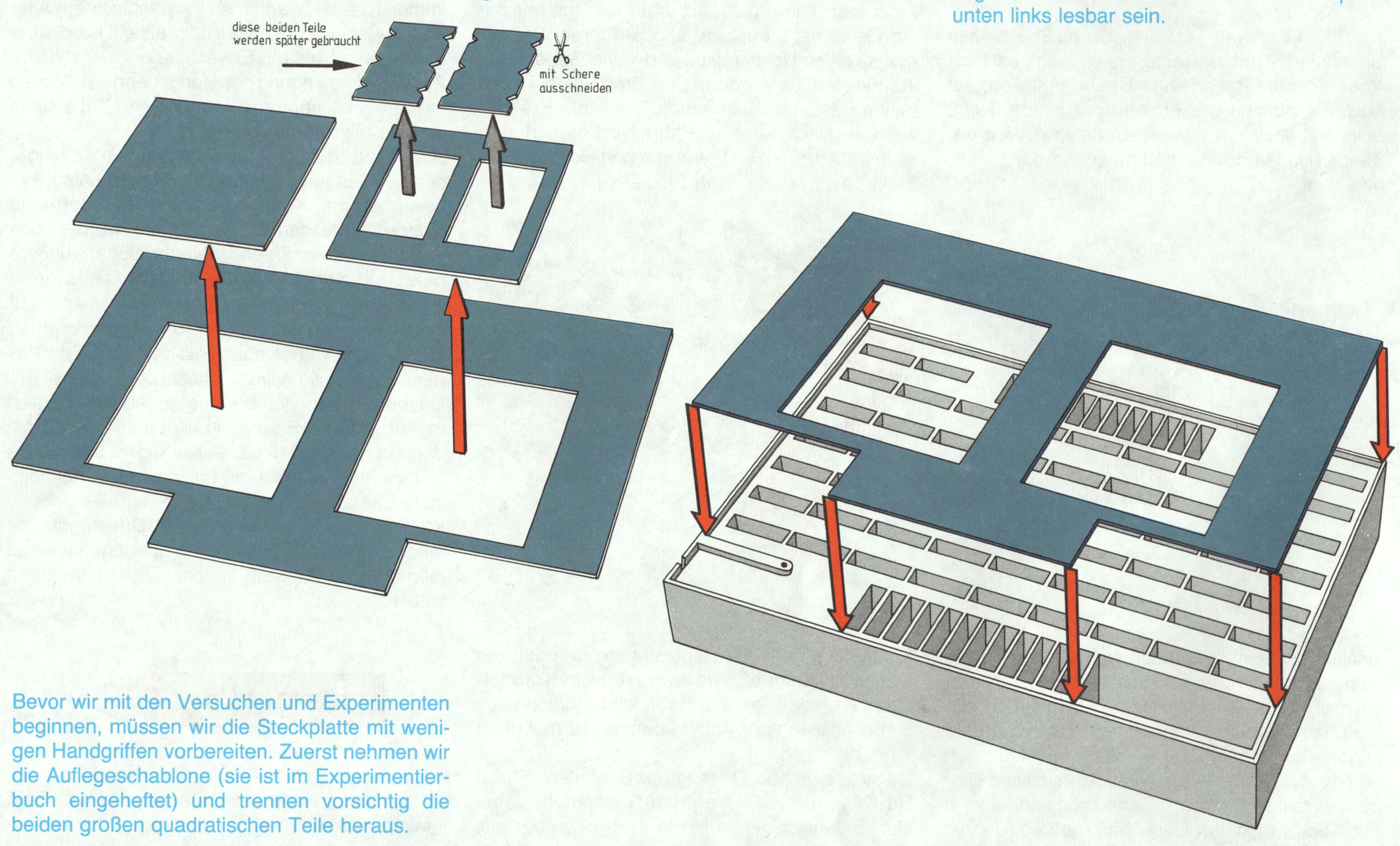


„Klar," meint Andy, „wir müssen ja für alle Fälle gewappnet sein."

Vorbereiten der Steckplatte

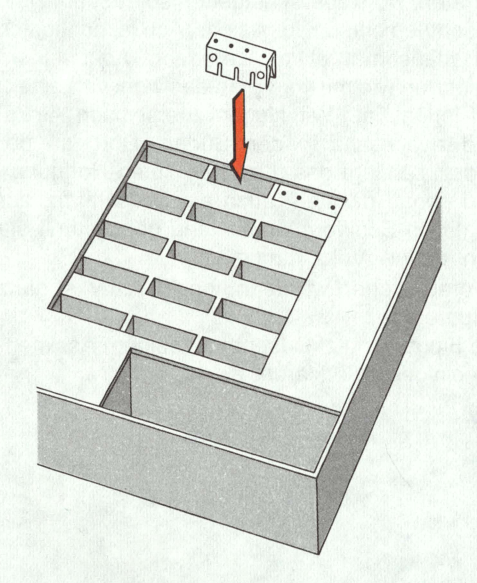
Wichtig! Diese beiden Teile müssen wir gut aufbewahren, da die kleinen Formteile später gebraucht werden.

Die Auflegeschablone legen wir, wie es die Abbildung zeigt, auf die Steckplatte. Der Schriftzug KOSMOS muß nun auf der Steckplatte unten links lesbar sein.



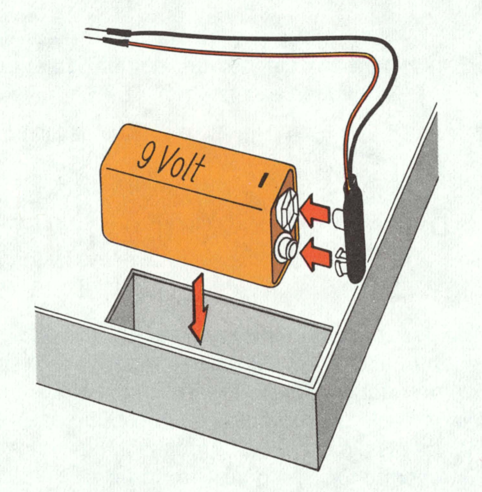
Bevor wir mit den Versuchen und Experimenten beginnen, müssen wir die Steckplatte mit wenigen Handgriffen vorbereiten. Zuerst nehmen wir die Auflegeschablone (sie ist im Experimentierbuch eingeheftet) und trennen vorsichtig die beiden großen quadratischen Teile heraus.

Jetzt werden in die viereckigen Aussparungen die Steckfedern eingesteckt. Sie werden nur leicht eingedrückt und rasten hörbar ein. Sind Steckfedern übrig, können wir sie in die Aussparungen mit den Nummern 38 bis 58 einstekken.

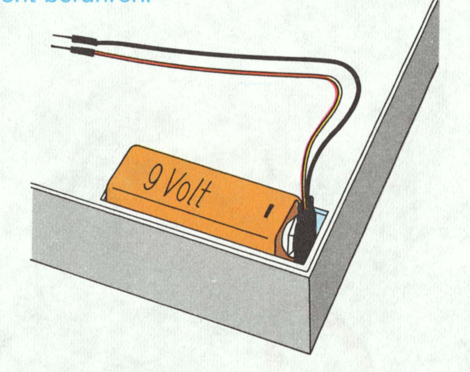


Damit ist unsere Steckplatte auch schon fertig. Die folgenden Abbildungen zeigen, wie die 9-Volt-Batterie an den Batterieclip angeschlossen wird und wie beides in die Steckplatte eingelegt werden kann.

Für unsere Schaltungen, die wir später aufbauen werden, benötigen wir Drahtbrücken. Diese Drahtbrücken biegen wir aus den längeren und kürzeren Drahtenden, die dem Experimentierkasten in zwei kleinen Beuteln beiliegen.



Wichtig! Die blanken Drahtenden dürfen sich nicht berühren.



Biegen der Drahtbrücken

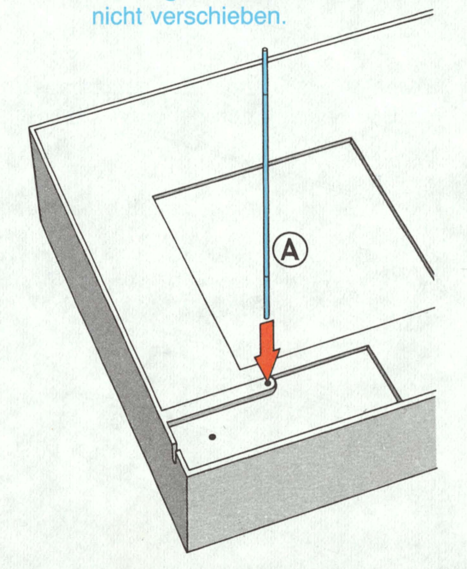
Wir beginnen mit dem Biegen der längeren Drahtstücke: Damit sie ordentlich aussehen und nicht schief werden, müssen wir die „Isolation"



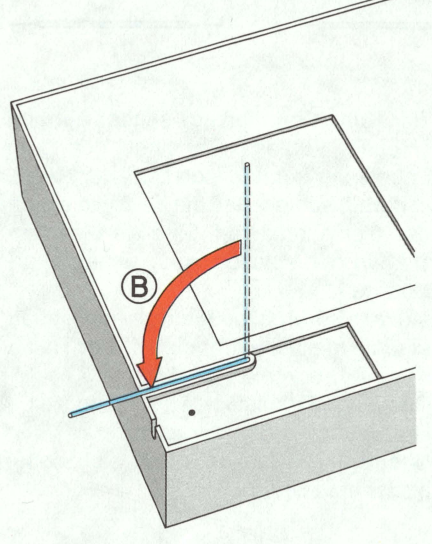
(das ist der Kunststoffüberzug) sauber auf den Draht schieben. Fehlen vom einen oder von beiden Enden die kurzen Isolationsstückchen, sollten wir darauf achten, daß die beiden blanken Drahtenden gleich lang sind. Sind sie verschieden lang, kann die Isolation entsprechend verschoben werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen genau die einzelnen Arbeitsschritte, die wir der Reihe nach von A bis D durchführen.

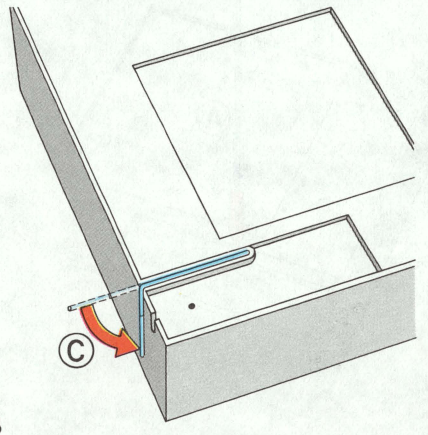
A Das lange Drahtstück wird in das kleine Loch auf dem Steg eingesteckt.
Wichtig! Die Isolation darf sich dabei nicht verschieben.



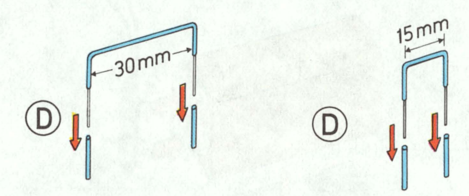
B Wir biegen nun den Draht rechtwinkelig zum Plattenrand ab.



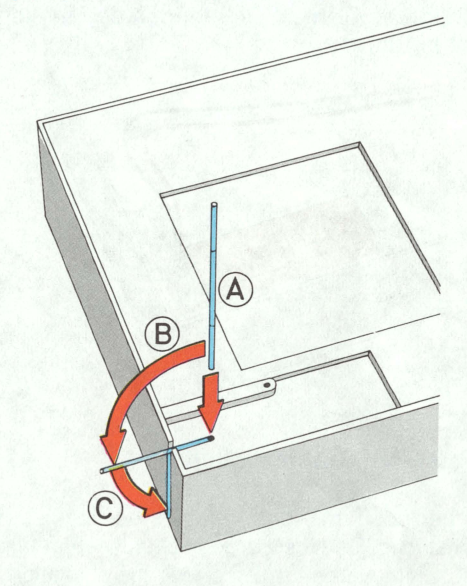
C Zum Schluß wird noch das herausragende Ende nach unten gebogen. Fertig!



D Jetzt brauchen wir nur noch (falls vorhanden) die beiden kleinen Isolationsstückchen abzuziehen.



Die kurzen Drahtbrücken biegen wir entsprechend; allerdings werden die Drähte in das kleine, näher am Plattenrand liegende Loch eingesteckt. Auf nachfolgendem Bild sehen wir nochmals die einzelnen Arbeitsschritte von A bis D, diesmal für die kurze Drahtbrücke.



2. Zum ‚Kap der Guten Hoffnung'

„Ich finde", meint Düsentrieb, „so langsam könnten wir starten." „Aber Du hast noch immer nicht verraten, wo's zuerst hingehen soll", sagt Andy. Düsentrieb entschuldigt sich: „Ach ja, richtig. Ich bin manchmal etwas zerstreut. Aber einem Gelehrten wie mir wird man das wohl verzeihen. Auf jeden Fall: Wir fliegen zuerst nach Afrika! Und zwar ganz in den Süden. Dort, an der Südspitze, liegt das ‚Kap der Guten Hoffnung'. Und genau da steht auch ein Leuchtturm; der zeigt den Schiffen, wo es lang geht, damit sie nicht gegen Afrika rumpeln."

„Worauf warten wir denn noch?" Andy ist ganz aufgeregt. –

Die Flugzeit nutzt Düsentrieb, seinem Assistenten einiges zu erklären.



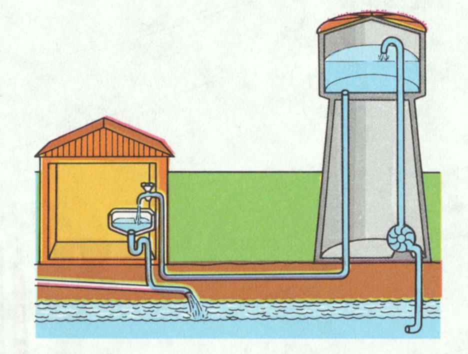


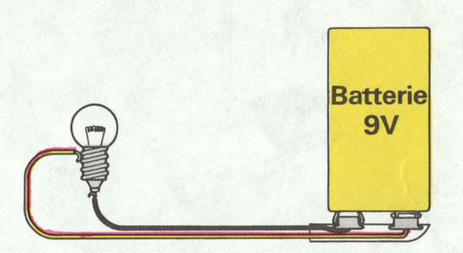
Es geht rund: der Stromkreis

Andy will's genauer wissen: „Was ist denn das?“ Düsentrieb erklärt es ihm gerne. „Man kann das durchaus mit dem Wasser vergleichen. Du drehst den Wasserhahn auf...“
Jetzt weiß Andy Bescheid. „Dann läuft das Wasser durch den Abfluß, in die Kläranlage und wieder in den Fluß.“ „So ist es“, sagt Düsentrieb.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Weißt Du, das mit dem Strom ist gar nicht so einfach“. Andy unterbricht ihn: „Welchen Strom meinst Du jetzt?“
„Es geht hier um den elektrischen Strom, nicht um einen Strom mit viel Wasser (wie der Rhein z.B.). Hast Du auch schon mit Strom zu tun gehabt?“ fragt Düsentrieb seinen Begleiter. „Aber ja! Jedesmal, wenn ich den Lichtschalter anmache oder den Kassettenrecorder einschalte, dann hat das irgendwie mit Strom zu tun.“
„Genau!“ Düsentrieb ist mit Andy zufrieden. „Strom kann immer dann fließen, wenn man einen geschlossenen Stromkreis hat.“





„Dort entnimmt es das Wasserwerk, reinigt es nochmal und pumpt es in einen großen Wasserturm. Du weißt doch: oben auf dem Berg, gleich über der Stadt, da steht doch einer.“ „Ja klar“, ergänzt Andy, „und von dort fließt es dann wieder in die Leitung und in meinen Wasserhahn.“
„Jawohl“, lobt Düsentrieb seinen Mitarbeiter. „Damit hast Du auch schon das Prinzip des Stromkreises kapiert. Mit dem Strom ist es wie mit dem Wasser. Nur kann man den elektrischen Strom nicht sehen. Auf jeden Fall: die Stromleitungen müssen immer irgendwie zu einem Kreislauf zusammengeschlossen sein; da darf kein Loch entstehen, sonst läuft gar nichts.“
„Ich habe eine Idee!“ ruft Andy. „Wenn ich den Lichtschalter anknipse, dann schließe ich einfach einen Stromkreis, und schon leuchtet meine Schreibtischlampe.“ „Genau, und das gleiche werden wir nachher tun, nämlich ein Leitungssystem aufbauen und so geschickt zusammenschalten, daß man die Wirkungen des Stromes auch sehen kann.“

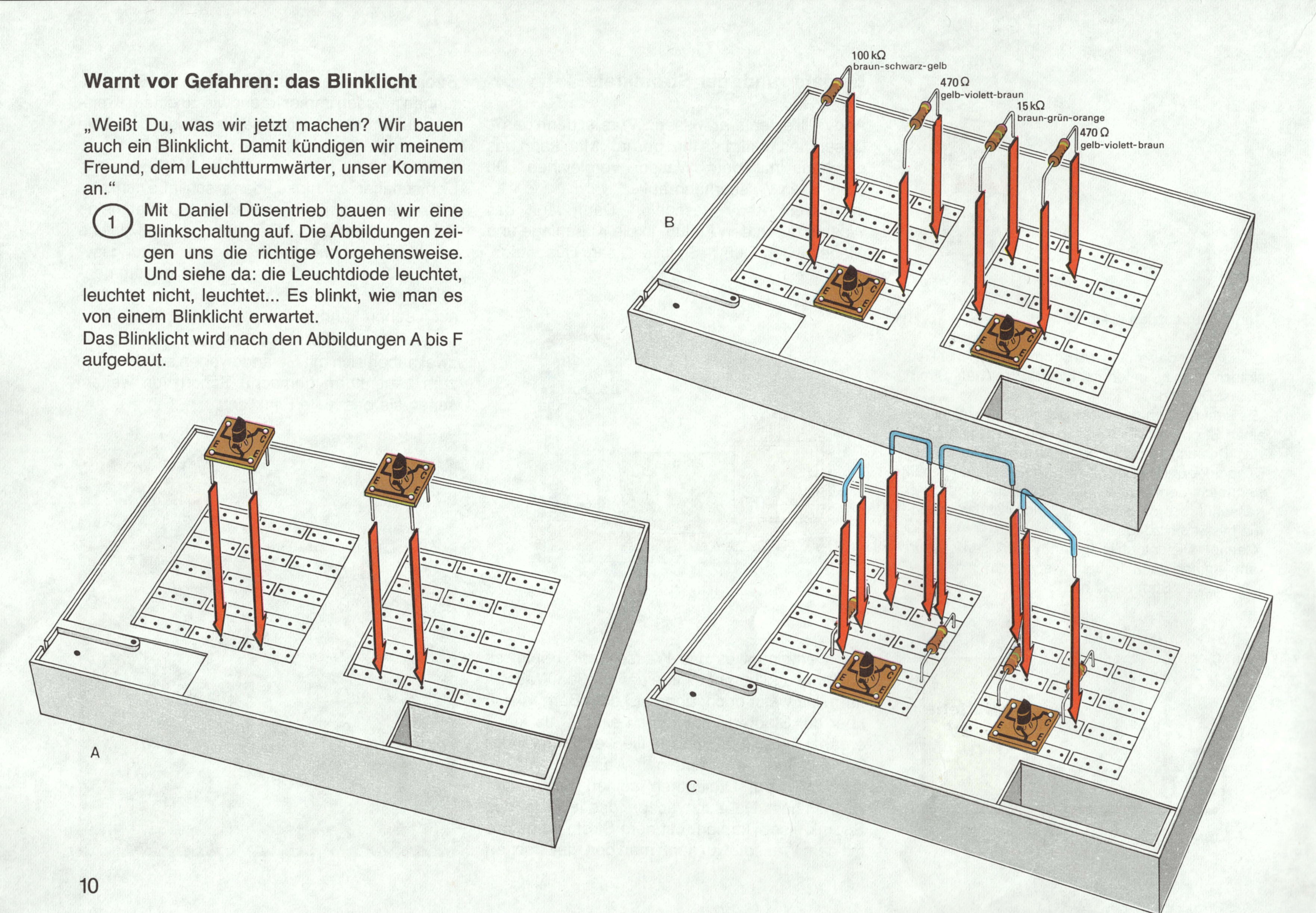
Inzwischen ist die Maschine gelandet, und die zwei haben sich mit Geländewagen auf den Weg zum Leuchtturm gemacht. Schon von weitem sehen sie das helle Blinklicht.

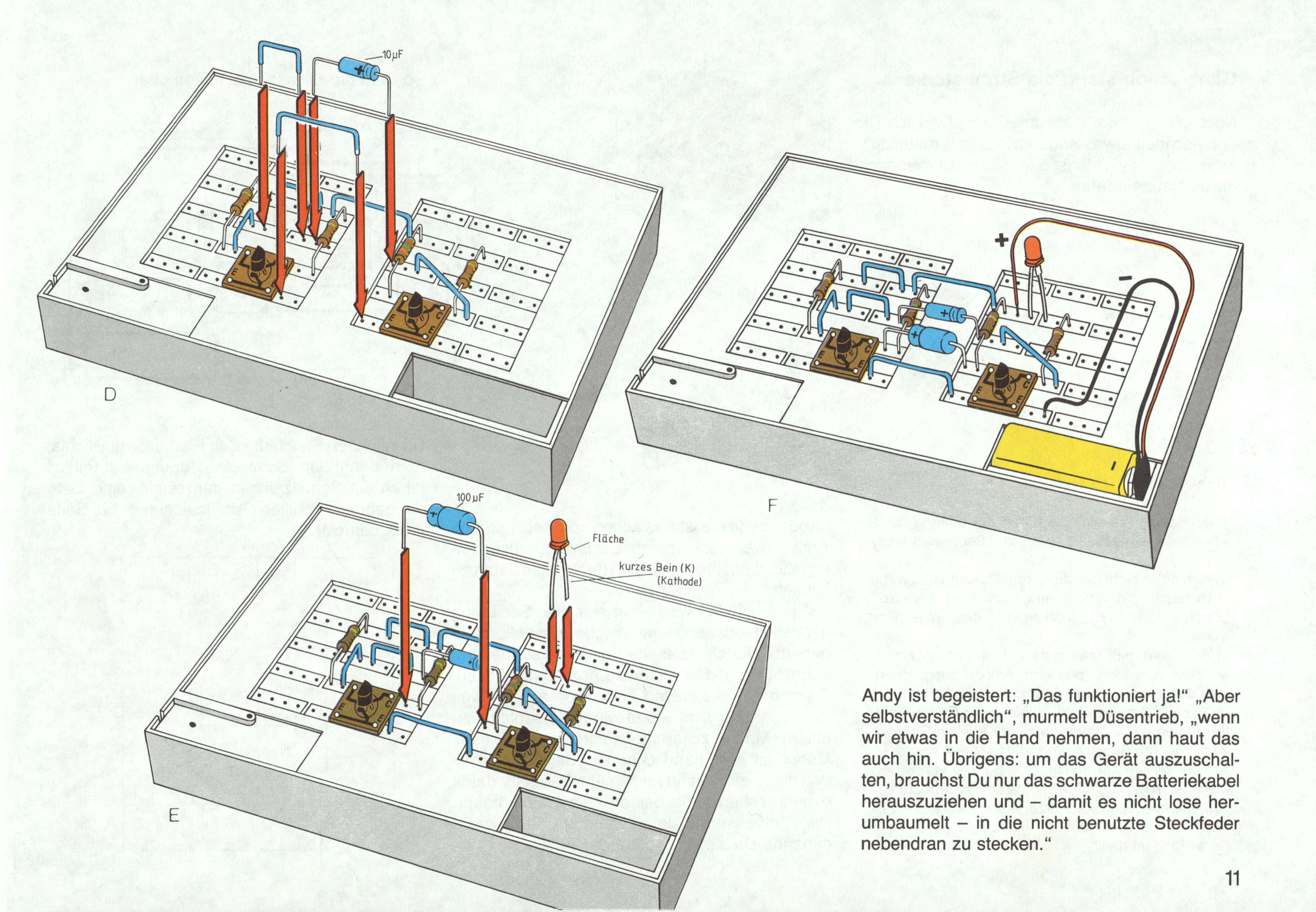


Warnt vor Gefahren: das Blinklicht

„Weißt Du, was wir jetzt machen? Wir bauen auch ein Blinklicht. Damit kündigen wir meinem Freund, dem Leuchtturmwärter, unser Kommen an.“

(1) Mit Daniel Düsentrieb bauen wir eine Blinkschaltung auf. Die Abbildungen zeigen uns die richtige Vorgehensweise. Und siehe da: die Leuchtdiode leuchtet, leuchtet nicht, leuchtet... Es blinkt, wie man es von einem Blinklicht erwartet.
Das Blinklicht wird nach den Abbildungen A bis F aufgebaut.

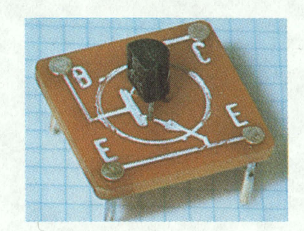




Andy ist begeistert: „Das funktioniert ja!" „Aber selbstverständlich", murmelt Düsentrieb, „wenn wir etwas in die Hand nehmen, dann haut das auch hin. Übrigens: um das Gerät auszuschalten, brauchst Du nur das schwarze Batteriekabel herauszuziehen und – damit es nicht lose herumbaumelt – in die nicht benutzte Steckfeder nebendran zu stecken."

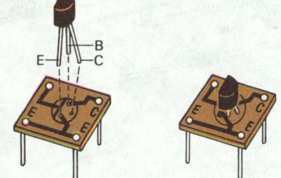
Ganz schön stark: die Stromstärke

Noch einmal hebt Düsentrieb an: „Darf ich Dir noch schnell etwas erklären?" „Klar, natürlich", freut sich Andy. „Mir ist's immer recht, wenn ich etwas Neues erfahre."







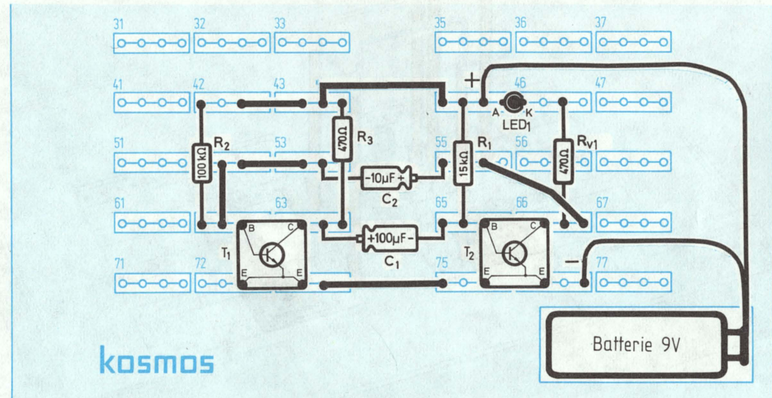


Daniel Düsentrieb erklärt:

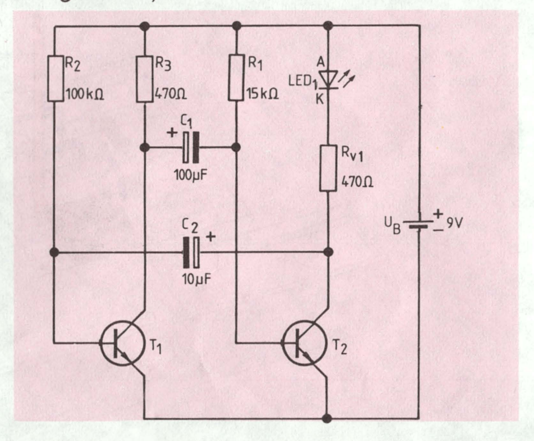
„Die Menge Wasser, die durch die Leitung fließt, kann man ja messen." „Klar, in ‚Liter'!" wirft Andy ein.
„Wäre es da nicht günstig", fragt Düsentrieb, „wenn man auch die Strommenge messen könnte?"
„Doch", muß Andy zustimmen, „das wäre nicht schlecht."
„Und Strom mißt man nicht in Liter (wie Wasser), sondern in Ampere (das wird ‚Ampär' gesprochen, weil das Wort aus dem Französischen kommt). Je größer die Ampere-Zahl, desto mehr Strom fließt. Wir haben es fast immer mit sehr kleinen Strömen zu tun. Deren Bezeichnung ist das Milli-Ampere; so wie der Milli-Meter der tausendste Teil von einem Meter ist, so ist das Milli-Ampere der tausendste Teil von einem Ampere. Abkürzen kann man auch: Für ‚Ampere' schreibt man ‚A', für ‚Milli-Ampere' ‚mA'. So einfach ist das."

„Aber irgendwie ist das schon komisch", grübelt Andy, „wenn ich meine Lampe zuhause einschalte, dann brennt die und denkt nicht daran zu blinken."
„Ist ja auch klar, wir haben hier eine Schaltung mit verschiedenen elektronischen Bauteilen aufgebaut. Wie sie aussehen und wie sie heißen, kannst Du auf den Seiten zu Anfang nachlesen. Da sind z.B. die beiden Transistoren, die – weil sie so winzig sind – auf einer Leiterplatte zu einem Modul zusammengelötet sind. Dieses Modul ist viel handlicher als der Transistor-Winzling; man kann also sehr bequem damit experimentieren. Die beiden Transistoren haben wir zur besseren Unterscheidung T1 und T2 genannt. Du siehst das auf der Abbildung.

So sieht die Blinkschaltung von oben aus.



So zeichnen Fachleute den Plan des Blinklichts; man nennt ihn Schaltplan. Jedes Bauteil ist durch ein Schaltzeichen dargestellt (eine Liste der gebräuchlichsten Schaltzeichen ist auf Seite 4 abgedruckt).





Daniel Düsentrieb erklärt:

T1 und T2 beeinflussen sich nun ständig gegenseitig. Wenn der eine so richtig in Fahrt kommt und die Leuchtdiode gerne zum Leuchten bringen will, schafft er das nur ganz kurz. Denn schon übernimmt der andere alles, um das zu verhindern. Bald geht die Leuchtdiode aus. Dann versucht der abschaltende Transistor seinerseits, die Leuchtdiode wieder in Gang zu bringen, das aber ärgert den anderen wieder... und so weiter.
Aber hör mal zu: Diese kurze Erklärung soll Dir im Moment nur eine ungefähre Vorstellung geben, was da passiert. Wenn Du alle Bauteile kennst, wirst Du etwas mehr Durchblick haben. Soviel will ich aber noch sagen: So ganz alleine schaffen es die beiden Transistoren doch nicht. Auch die anderen Bauteile benötigen sie dazu."

„Dann wollen wir die doch mal verändern. Was tut sich dann?" Andy hat schon den Forscherblick.

Ein anderer Blinktakt

(2) Düsentrieb zieht den 100-kΩ-Widerstand R2 (braun-schwarz-gelb) heraus und setzt einen 33-k-Ω-Widerstand (orange-orange-orange) dafür ein. (Was Ω und Widerstand bedeutet, wird später noch erklärt.)

Die Leuchtdiode brennt nur kurz und geht dann wieder aus. Dann leuchtet sie wieder für ein kurzes Weilchen usw.

Das Baustellen-Warnlicht

(3) Jetzt baut Düsentrieb an die gleiche Stelle den Widerstand mit 5,6 kΩ (grün-blau-rot) ein.
Jetzt blitzt das Lämpchen nur noch kurz auf und verlöscht dann wieder. Nach ungefähr einer knappen Sekunde blitzt es wieder auf wie ein Warnlicht für eine Straßenabsperrung.

Beleuchtung für Hinweisschild

(4) Düsentrieb ändert jetzt R1 und R2. Bei R1 steckt er einen Widerstand 1kΩ (braun-schwarz-rot), bei R2 einen mit 100kΩ (braun-schwarz-gelb) ein.
Die Leuchtdiode brennt jetzt fast die ganze Zeit; nach jeweils einer Sekunde verlischt sie ganz kurz und geht dann gleich wieder an, so wie man es für Hinweisschilder braucht.

Kontrollicht

(5) Was wird passieren, wenn Düsentrieb jetzt R2 erneut ändert, und zwar auf 15kΩ (braun-grün-orange)?
Die Leuchtdiode blinkt jetzt in ganz kurzen Abständen wie ein Funktionskontrollicht auf einer Schalttafel.
„Das ist ja toll!" Andy ist ganz aus dem Häuschen.
„Und eine solche Schaltung kann man noch für viele andere Dinge gebrauchen. Im Auto als Warnblinkanlage, auf der Straße als Baustellen-Warnlicht und am Bahnübergang: überall hilft uns dieser tolle Trick."



„Ich denke", meint Düsentrieb, „es wäre jetzt an der Zeit, das Wichtigste, das wir bisher kennengelernt haben, mit ein paar Versuchen zusammenzufassen." „Ja, das können wir machen", stimmt Andy zu.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Wir haben gesehen, daß Strom nur in einem geschlossenen Stromkreis fließt. Dazu können wir einen kleinen Versuch durchführen."

Ein einfacher Stromkreis

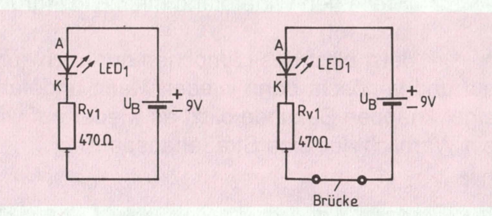
(6) Düsentrieb baut einen sehr einfachen Stromkreis auf, genau so, wie es aus der Abbildung hervorgeht.

„Wie der Strom hier fließt, ist leicht erklärt: Er fließt aus der Batterie durch das Kabel, passiert dann die Leuchtdiode mit dem Widerstand und kehrt dann durch das zweite Kabel wieder zur Batterie zurück."

„Welche Aufgaben haben die ‚Brücken aus Draht' im Stromkreis?" „Auch dazu ein kleines Experiment."

Achtung: Leuchtdiode niemals ohne Vorwiderstand betreiben.





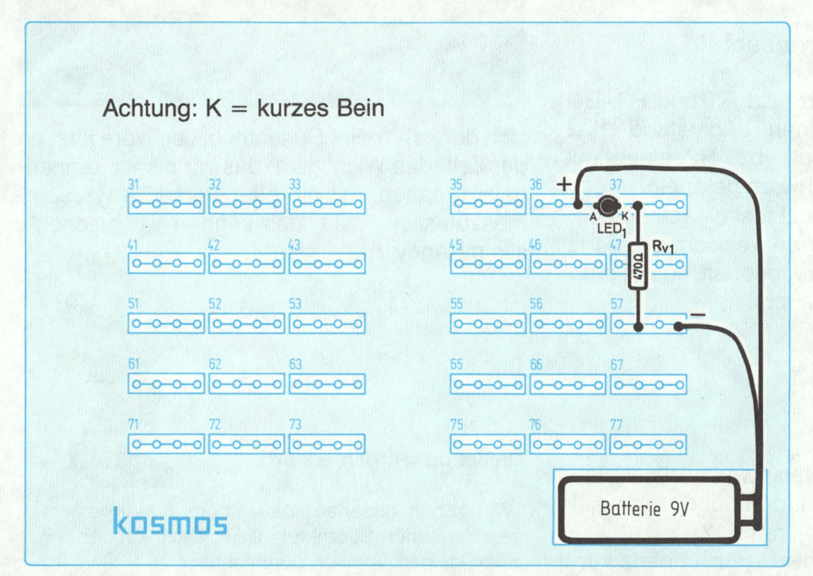
Eine Brücke, die nichts trägt

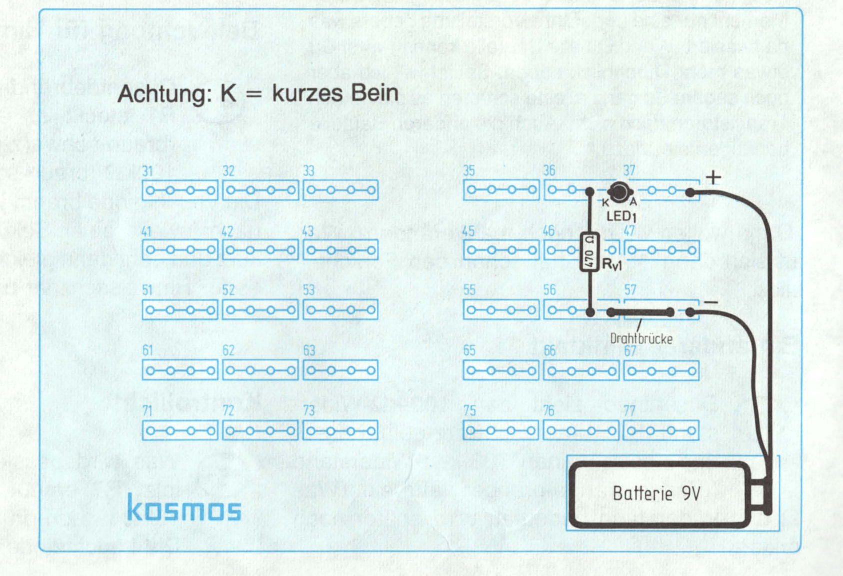
(7) Düsentrieb baut die kleine Schaltung wie in der Abbildung auf.



Daniel Düsentrieb erklärt:

„An der Tatsache, daß die Leuchtdiode leuchtet, ändert sich nichts. Leitungsbrücken beeinflussen die Funktion der Schaltung nicht, aber offensichtlich ermöglichen sie ungehinderten Stromfluß."



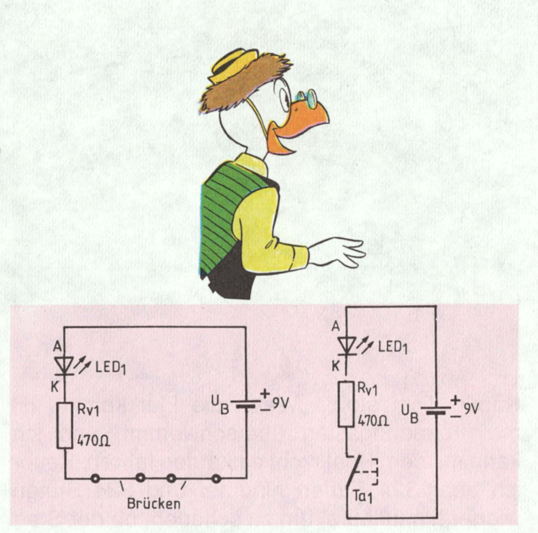


Aus eins mach zwei

(8) Andy baut einen einfachen Stromkreis auf, der zwei Leitungsbrücken enthält. Die Schaltung sieht so aus wie abgebildet.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Auch die zweite Brücke verändert die Schaltung nicht. Der Strom verläßt die Batterie durch das rote Kabel, durchfließt die Leuchtdiode mit dem Widerstand und erreicht über die beiden Brücken die Steckfedern und über das schwarze Kabel wieder die Batterie. Der Stromkreis ist geschlossen, der Strom fließt.
Was aber, wenn man einen Stromkreis öffnen und schließen (ein- und ausschalten) will?“

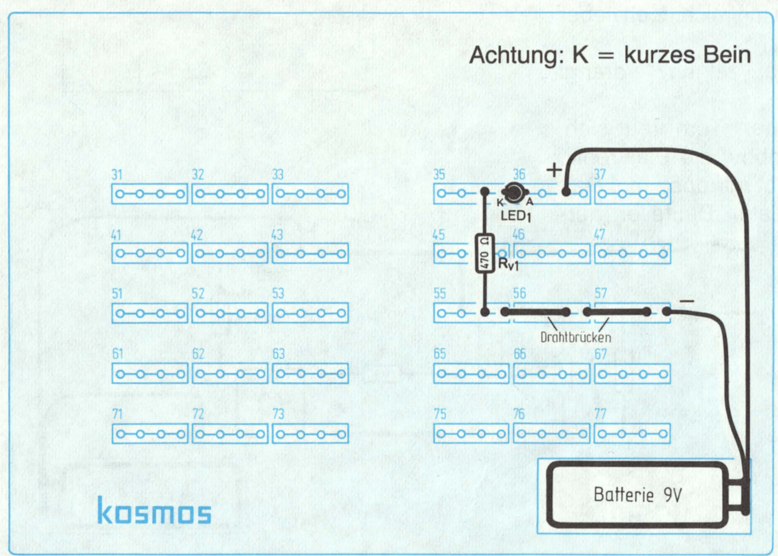


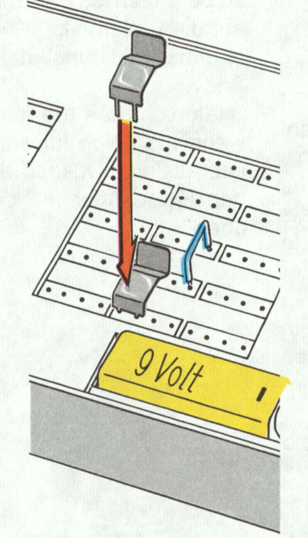
Unterbrechung erwünscht

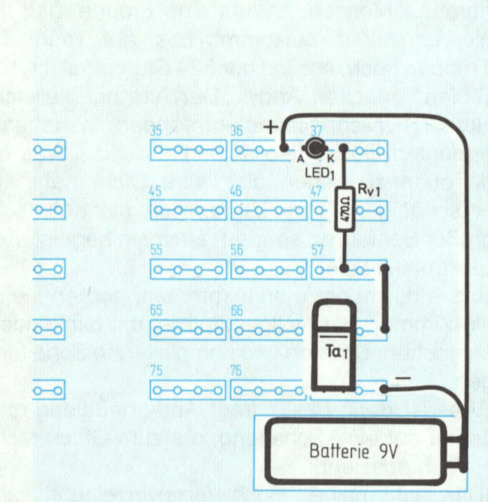
(9) Düsentrieb baut eine kleine Schaltung auf, bei der man mit Hilfe eines Tasters den Strom ein- und ausschalten kann. Er macht dies genauso, wie es aus der Abbildung hervorgeht.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Das Wort ‚Taster' kürzt man oft mit den Buchstaben ‚Ta' ab. Drückt man den Taster, so ist ein ungehinderter Stromfluß durch die Kabel, den Widerstand, die Brücken und die Leuchtdiode möglich. Läßt man den Taster los, so ist an dieser Stelle der Stromkreis unterbrochen. Die Leuchtdiode leuchtet dann nicht mehr.“







Rette sich, wer kann: die Überschwemmungsanzeige

„Wollten wir nicht jemanden besuchen?“ will Andy wissen. „Natürlich,“ sagt Düsentrieb, „meinen alten Freund Käpt'n Tom. Früher war er ein berühmter Seefahrer. Aber als Kapitän steht man ja dauernd im Luftzug, und so hat er das Zipperlein bekommen. Und weil er doch nicht ganz vom Meer weg wollte, hat er sich hierher auf den Leuchtturm zurückgezogen.“

Andy hat schon ein Beförderungsmittel entdeckt. „Sieh mal, da unten liegt ein Boot, mit dem wir zur Leuchtturminsel hinüber fahren können.“ Gesagt, getan.

„Hallo Tom, alter Freund“, ruft Düsentrieb, als er und Andy aus dem Boot gehüpft sind. Ganz, ganz oben am Leuchtturm öffnet sich eine kleine Luke, und der bärtige Tom streckt seinen Kopf heraus. „Mensch, ist das eine Freude, daß Ihr hier bei mir vorbeikommt. Los, auf, rennt die Treppen hoch, es sind nur 324 Stufen!“ „Nur 324 Stufen“, meckert Andy. „Der Alte hat vielleicht Humor!“ „Nicht schimpfen, sondern losgehen“, ermuntert Düsentrieb seinen Freund. „Was es da oben zu sehen gibt, wird Dich mehr als entschädigen. Tom ist nämlich nicht nur ein großer Seefahrer, sondern auch ein begeisterter Elektronikbastler.“

Und wirklich: oben angekommen, blicken sie in ein Zimmer, das vollgestopft ist mit blinkenden Lämpchen, Drähten und komplizierten Schaltungen.

„Was ist denn das?“ fragt Andy neugierig und deutet auf eine Schaltung, die zum Glück recht einfach aussieht.

„Das ist meine Hochwasseranzeige“, sagt



Käpt'n Tom stolz. „Wenn die Flut kommt, ist mein Landungssteg überschwemmt, und ich kann mit dem Boot nicht einkaufen fahren. Bevor ich aber 324 Stufen hinunter und 324 Stufen wieder hinauflaufe, um zu schauen, ob der Steg zu benutzen ist, da verlasse ich mich doch lieber auf die Elektronik.“

„Kannst Du uns das mal zeigen?“ drängt Andy.

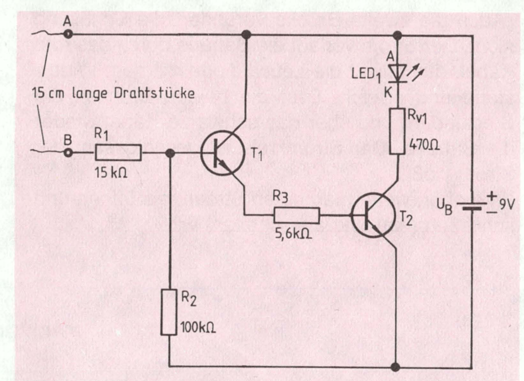
„Natürlich, das tue ich gerne.“ Tom freut sich, wenn man sich für sein Hobby, die Elektronik, interessiert. „Düsentrieb, gibt mir doch mal Deinen Reisekoffer mit den vielen Bauteilen herüber!“

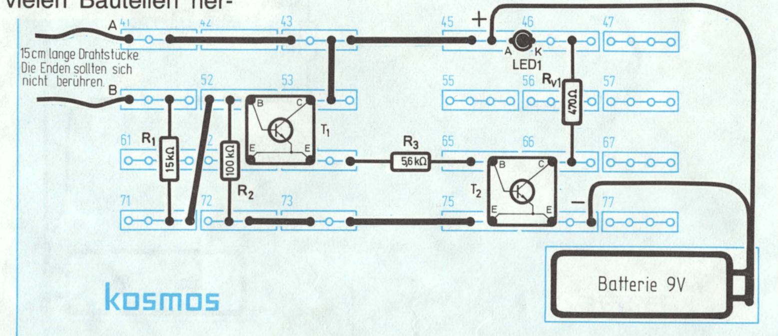




Der Hochwassermelder

(10) Tom baut die Schaltung auf, ganz genau so, wie man es auf der Abbildung sieht. Dabei achtet er darauf, daß er das **k**ürzere Bein der Leuchtdiode dort einsteckt, wo in der Zeichnung das **K** (=**K**atode) steht.



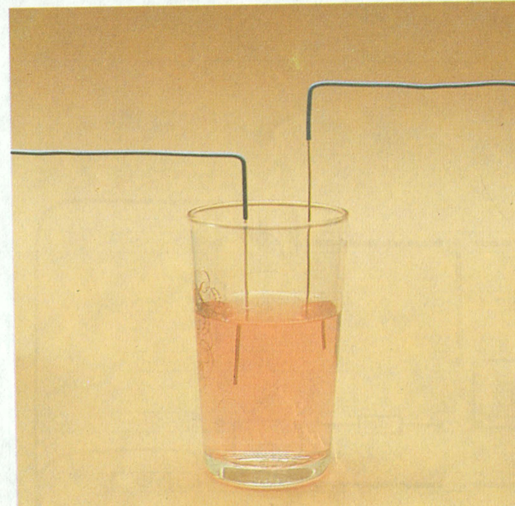


„Da leuchtet ja gar nichts." Andy wundert sich. „Wie soll auch, wir haben hier ja auch kein Hochwasser", erklärt Düsentrieb. „Außerdem: Schau Dir einfach mal die Schaltung genau an. Was fällt Dir auf?" fragt er seinen Assistenten. Der denkt nach. „Jetzt hab ich's! Der Stromkreis ist ja gar nicht geschlossen. Und vorher hast Du doch erklärt, daß sich gar nichts tut, wenn das so ist."

„Ganz genau", bestätigt Tom. „Im Stromkreis ist ein ‚Loch' und zwar genau dort, wo die Drähte herausschauen."



Tom nimmt sein Wasserglas und hält die beiden blanken Drahtenden hinein. Dabei vermeidet er, daß sich die Enden berühren.



„Jetzt leuchtet's!" ruft Andy. „Und das wollten wir ja", ergänzt Tom. „Genau die gleiche Einrichtung hängt auch unten an meinem Landungssteg."

Muß fließen: der Strom

„An dieser Schaltung kann ich noch etwas anderes erklären", sagt Düsentrieb zu Andy.



Daniel Düsentrieb erklärt:

„Strom fließt immer dann, wenn sich durch eine Leitung oder ein Bauteil sogenannte Elektronen drängen. Das sind furchtbar winzige Teilchen, die man nicht einmal mit dem stärksten Mikroskop sehen kann. Die Burschen sind es auch, die die Leuchtdiode zum Leuchten bringen."

Jetzt mischt sich auch Tom ein: „Die Elektronen können nicht hüpfen. Deshalb muß ein Stromkreis ja auch immer geschlossen sein. Das hast Du vorher ganz richtig gesehen. Als ich die Drähte ins Wasser gehalten habe, konnten die Elektronen da durchschwimmen. Und schon hat's geleuchtet."

„Dann könnte man doch auch..." Andy plant den nächsten Versuch.

Direkt geht's auch



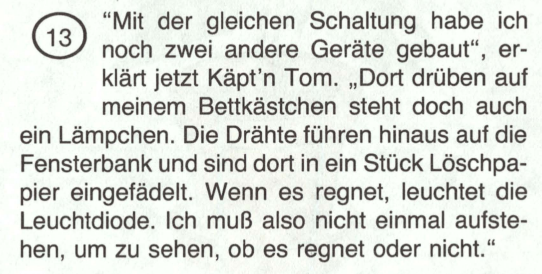
"Dann könnte man doch einfach die blanken Enden der Drähte aneinander halten." Er probiert's aus.

Tatsächlich leuchtet die Leuchtdiode auf.

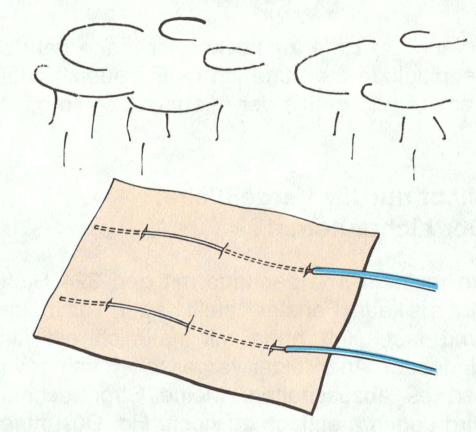
„Der Stromkreis ist geschlossen, die Elektronen können in aller Ruhe fließen und die Leuchte betreiben", faßt Düsentrieb noch einmal das Ergebnis zusammen.

„Und warum brauchen wir dann den ganzen Schnickschnack mit den Widerständen, Transistoren und so?" fragt Andy. „Das", sagt Düsentrieb, „wirst Du weiter hinten erfahren. Wir wollen doch nichts überstürzen."

Regenmelder



"Mit der gleichen Schaltung habe ich noch zwei andere Geräte gebaut", erklärt jetzt Käpt'n Tom. „Dort drüben auf meinem Bettkästchen steht doch auch ein Lämpchen. Die Drähte führen hinaus auf die Fensterbank und sind dort in ein Stück Löschpapier eingefädelt. Wenn es regnet, leuchtet die Leuchtdiode. Ich muß also nicht einmal aufstehen, um zu sehen, ob es regnet oder nicht."



Pflanzenwächter

(14) Das andere Gerät hat Düsentrieb innen auf der Fensterbank entdeckt. Zwei Kabel führen in den Topf mit der Palme, die sich Tom von einer seiner großen Reisen mitgebracht hat.

„Wenn die Erde zu trocken ist, dann geht die Leuchtdiode aus, und ich muß gießen“, erklärt Tom. „Drum geht's der Pflanze auch so gut.“

Nicht nur für Vergeßliche: Der Lichtautomat

„In meinem Treppenhaus mit den 324 Stufen gibt's ja kaum Fenster“, stellt Käpt'n Tom bedauernd fest. „Ich habe mir natürlich ein Licht eingebaut. Aber leider vergesse ich immer wieder, es abzuschalten. Meine Stromrechnung wird dadurch einfach zu hoch. He, Düsentrieb, da hast Du doch sicher auch eine passende Bastelidee dazu.“

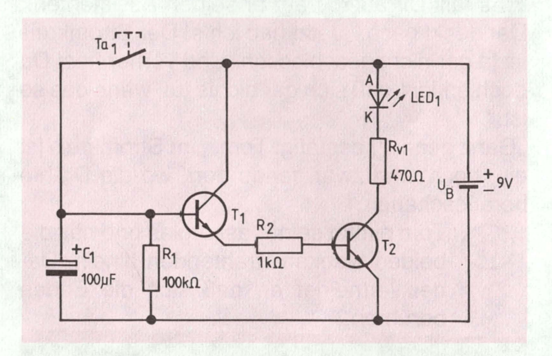
„Aber selbstverständlich, lieber Tom“, freut sich Düsentrieb. Jetzt zeigt er, daß er alles tut, um einem Freund zu helfen. „Man muß einfach einen Automaten bauen.“ „Und wie geht das?“ fragt Andy.

Düsentrieb packt seinen Bereitschaftskoffer aus und fingert einige Bauteile heraus.

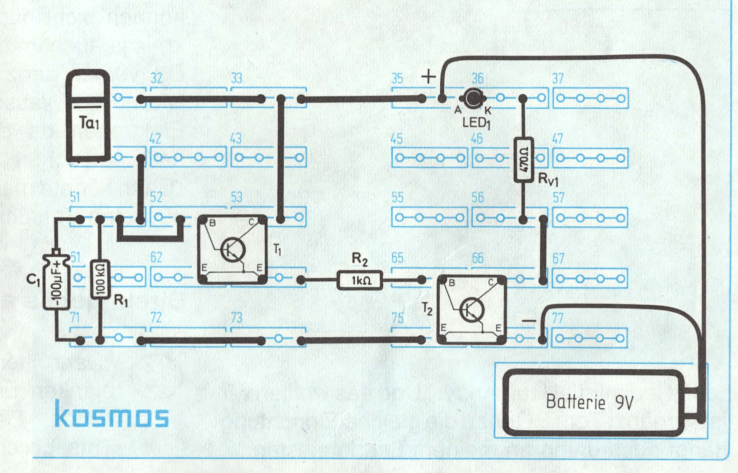
Automatischer Lichtschalter

(15) Er baut sie so zusammen, wie es in der Abbildung dargestellt ist.

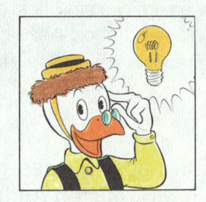
„Solange aber der Taster noch nicht gedrückt ist, geht natürlich auch die Leuchtdiode nicht an“, erläutert Düsentrieb. „Die Treppenbeleuchtung soll ja auch erst eingeschaltet werden, wenn man sie braucht und auf den Schalter drückt.“







„Darf ich mal?“ fragt Andy „Aber klar doch“, gibt ihm Düsentrieb freie Bahn. Und Andy drückt leicht den Taster nach unten.
„Jawohl, die Leuchtdiode brennt.“ Andy ist begeistert. „Jetzt müssen wir nur noch warten, ob sie auch wieder ausgeht.“ Nach ungefähr einer halben Minute ist es dann tatsächlich soweit, daß die Leuchtdiode verlöscht und die Batterie nicht unnötig verbraucht wird. „Und wenn ich nur mal für kurze Zeit die zwei, drei Stufen in meinem Garten beleuchten will?“ Der alte Tom möchte noch weitere Anwendungsbereiche der tollen Schaltung wissen.



Wie verkürzt man die Leuchtdauer?

(16) Düsentrieb weiß auch da einen guten Rat. „Dann brauchst Du nur den Widerstand R1 mit seinen 100kΩ (braun-schwarz-gelb) herauszunehmen und einen anderen mit 33kΩ (orange-orange-orange) in die Schaltung hineinzustecken.“
Und schon brennt die Leuchtdiode nur noch ungefähr 10 Sekunden lang, nachdem man sie per Tastendruck eingeschaltet hat.
Düsentrieb hat noch einen anderen Vorschlag. „Ihr wißt ja, daß ich manchmal auch Blödsinn erfinde, Dinge, die man zu gar nichts verwenden kann. Soll ich mal?“ „Aber klar“, meint Andy. „Blödsinn ist meistens lustig.“

Schaltung sucht Verwendung



Düsentrieb baut den Kondensator C1 mit seinen 100µF aus und steckt stattdessen einen anderen mit nur 10µF hinein. Dabei achtet er darauf, daß er Plus- und Minus-Seite nicht vertauscht. Für den Widerstand R1 läßt er den mit 33kΩ aus Versuch 16 eingesteckt.
„Ich darf wieder drücken“, bettelt Andy, und ohne eine Antwort abzuwarten, bedient er den Taster. Die Leuchtdiode leuchtet kurz auf und verlischt nach ungefähr drei Sekunden wieder. „Wozu das wohl gut ist“, fragt Tom. „Weiß ich doch nicht“, erwidert Düsentrieb. „Aber wir können ja ein Ratespiel machen. Wem fällt eine einigermaßen vernünftige Verwendung für diesen Aufbau ein?“ Sie rätseln noch eine Weile, ohne einen Nutzen feststellen zu können. „Macht auch nichts, oder?“ verteidigt Düsentrieb seine Erfindung.
„Was wir aber brauchen könnten, wäre eine Schaltung, bei der das Licht etwas länger leuchtet.“ Tom will wieder etwas Praktisches erfunden haben. „Wie wär’s denn mit einer Eieruhr? Solange das Lichtlein leuchtet, lasse ich die Frühstückseier im kochenden Wasser, wenn es verlöscht, nehme ich sie heraus, und sie sind wachsweich.“
„Nichts leichter als das“, ruft Düsentrieb. „Man muß nur...“, überlegt er kurz.

Elektronische Eieruhr



"Man muß nur den Widerstand R1 ganz herausnehmen!“
Andy versucht das natürlich gleich und stoppt mit seiner Armbanduhr, wie lange das Licht anbleibt. „Fast drei Minuten. Genauso mag ich weiche Eier“, nickt Tom anerkennend mit dem Kopf. „Und die Schaltung hat noch einen Vorteil: Die Leuchtdiode wird langsam dunkler. Ich kann dann also schon aufstehen und zum Herd rüber gehen.“



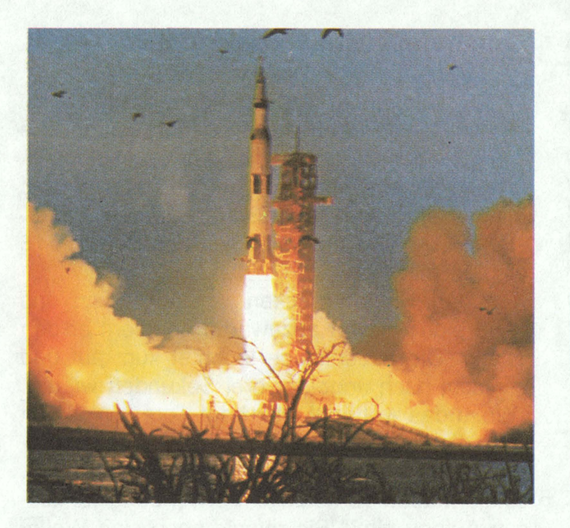
„Düsentrieb, darf ich Dich nochmals um einen Gefallen bitten?“ fragt der bärtige Käpt’n. „Nur zu!“ ermuntert ihn Düsentrieb.
„Ich lese im Bett so schrecklich gerne“, beginnt Tom. „Und wenn ich eine spannende Seeräubergeschichte angefangen habe, vergesse ich immer die Zeit. Am nächsten Morgen bin ich dann fürchterlich verpennt. Ich hätte also gerne ein Licht, das nach einem größeren Zeitraum, so zwischen einer und zwei Stunden ganz einfach ausgeht.“
„Tom, das kannst Du haben“, meint Düsentrieb. „Das ist gar kein Problem.“

Schlummer-Automatik

(19) Den Widerstand R1 lassen wir draußen, den Widerstand R2 ersetzen wir durch einen mit 33kΩ (orange-orange-orange), und als Kondensator C1 bauen wir einfach wieder den mit 100µF ein."

„Käpt'n Tom", sagt Düsentrieb bedauernd, „wir müssen jetzt aber wieder gehen." „Es war schön, Euch mal wieder zu treffen", verabschiedet sich Tom von seinen Gästen. „Wenn neue Abenteuer rufen, dann will ich Euch nicht halten. Wo soll's denn jetzt hingehen?"

„Nach Amerika", jubelt Andy.



3. Auf dem Weltraumbahnhof

Düsentrieb und Andy sind glücklich in Amerika angekommen. Ihr Ziel ist aber nicht eine der großen Städte wie New York oder Los Angeles.

„Wir sind doch keine normalen Touristen, wir sind Reisende in Sachen Elektronik", entrüstet sich Andy. „Und deshalb zieht es uns natürlich zu den bedeutenden Forschungsstätten", ergänzt Düsentrieb. „Auf geht's zum NASA-Weltraumbahnhof!"

„Und wo finden wir den?" will Andy wissen.

„Unten, im Südosten der Vereinigten Staaten, in Florida", klärt ihn Düsentrieb auf. „Dort liegt Cape Canaveral."

Im Empfangsgebäude des NASA-Werkgeländes müssen sich die zwei erstmal ausweisen. „Da könnte ja jeder kommen", meint einer der Pförtner mürrisch. Aber das Einladungsschreiben von Düsentriebs Freund, dem berühmten Professor, öffnet schnell alle Türen.

Nach einigem Suchen haben sie das richtige Labor gefunden. „Hallo, Düsentrieb, hallo, junger Freund", begrüßt sie der Professor mit der schneeweißen Haarpracht.

„Guten Tag, Professor Kleinstein!" antworten Düsentrieb und Andy höflich.

„Es tut mir leid", entschuldigt sich Professor Kleinstein, „daß ich mich im Moment nicht richtig um Euch kümmern kann. Ich muß jetzt gleich vor Nachwuchs-Astronauten einen Vortrag halten."

„Worum geht es denn?" fragt Andy. „Ihr wißt ja", antwortet der Professor, „daß in den Weltraumraketen jede Menge Elektronik drinsteckt. Außerdem müssen die Astronauten im All auch immer Experimente durchführen. Ich erkläre ihnen deshalb die Grundlagen."

„Mensch, das wäre doch auch was für uns!" ruft Andy. „Dürfen wir da auch zuhören?"

Professor Kleinstein hält einen Vortrag:

„Meine Damen und Herren! Sie haben in unseren Labors bereits einige Versuche durchgeführt. Sie wissen, wie ein Blinklicht funktioniert, wie man einen Wasserstands-Anzeiger baut und was es mit einem Treppenlicht-Automaten auf sich hat."

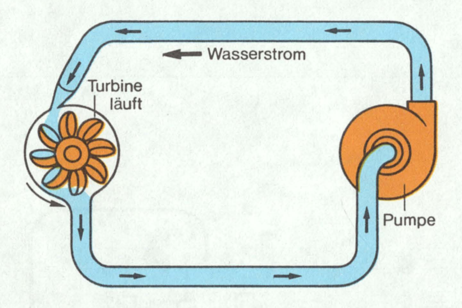
„Die haben ja das gleiche Versuchsprogramm wie wir!" flüstert Andy. „Psst", mahnt ihn Düsentrieb zur Ruhe.

Der Professor fährt fort: „Unsere bisherigen Aufbauten haben wir immer mit einer Batterie angetrieben. Was ist das eigentlich? Zunächst wissen wir nur, was wir mit einer Batterie machen wollen, nämlich dafür sorgen, daß Strom fließt. Was ein Stromkreis ist, haben wir ja schon in der letzten Vorlesung erfahren."

„Und wir wissen's auch schon", murmelt Andy Düsentrieb zu.

Spannend: die Spannung

Kleinstein läßt sich nich stören. „Damit ein Strom fließt, brauchen wir erstens einen geschlossenen Stromkreis und zweitens eine Spannung."
„Ist ja spannend", wirft ein vorlauter Jung-Raumfahrer ein.
„Und was, bitte schön, ist eine Spannung?" fragt ihn der Professor. „Das ist doch sozusagen der Druck, der erforderlich ist, um die Elektronen durch die Leitung zu treiben", antwortet der Astronaut. „So wie hier auf dem Bild die Pumpe Wasser durch die Leitungen befördert, treibt die ‚Elektronenpumpe' Elektronen durch Drähte und Bauteile".



„Das stimmt schon", sagt Kleinstein, „aber ich will's noch ein bißchen genauer erklären. Unsere Batterie wirkt wie eine Elektronenpumpe. Sie erzeugt den Druck, also die elektrische Spannung. Und in dem Moment, da wir den Stromkreis schließen, werden Elektronen durch Leitungen befördert. Die Elektronen fließen vom Minuspol der Batterie über die Leitungen und durch die Bauteile zum Pluspol der Batterie. Anschließend werden sie durch die Elektronenpumpe wieder zum Minuspol gebracht. Das geht solange, bis die Pumpe versagt, die Batterie also verbraucht ist. Merken wir uns noch: Je höher die Spannung, desto größer ist der Strom."
Der Professor ist am Schluß angelangt. „Meine Damen und Herren. Wir begeben uns wieder in die Labors und bauen ein Testgerät auf. Wir sehen uns dann gleich drüben im Experimentiergebäude. Verlaufen Sie sich nicht."
Andy und Düsentrieb schließen sich den wißbegierigen Weltraumfahrern an.

Der Batterietester

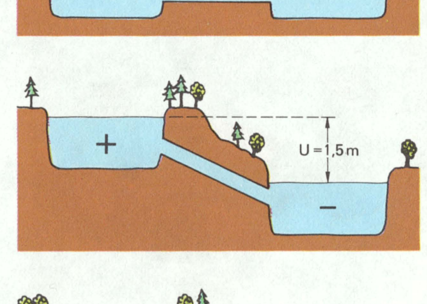
Im Labor gibt Professor Kleinstein weitere Erläuterungen ab.

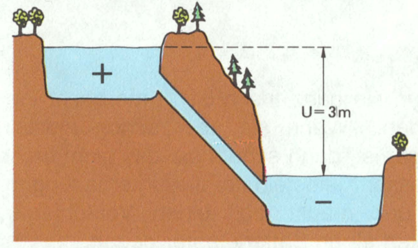
Professor Kleinstein erklärt:

„Sie wissen ja, daß Batterien unterschiedliche Spannungen haben können. Wie groß der ‚Druck' einer Batterie ist, kann man natürlich messen."
„Aber die Spannung muß doch eine Einheit haben. Längen mißt man in Metern, Gewichte in Gramm und Spannungen in ... ja in was denn?" Jetzt ist Andy richtig neugierig geworden und möchte alles ganz genau wissen.
„Das ist eine prima Frage", freut sich Kleinstein. „Spannungen messen die Fachleute in ‚Volt'. Man hat damit einen großen Physiker geehrt, einen Herrn Volta. Der hat viele wichtige Sachen entdeckt. Leider ist er schon seit ein paar hundert Jahren tot. Aber immerhin: das ‚Volt' lebt."
„Und abgekürzt wird das Volt mit ‚V'", weiß einer der Jung-Astronauten. „Jetzt wird's mir klar", fällt es Andy ein. „Im Haushalt findet man ja immer wieder die Bezeichnung ‚220V'. Das steht z.B. an der Küchenmaschine und am Rasierapparat. Das bedeutet doch, daß man an dieses Gerät genau 220 Volt anlegen muß, wenn es funktionieren soll."

„Ja, das stimmt", bestätigt Düsentrieb Andys Vermutung.

Das obere Bild zeigt zwei Fischteiche, die durch ein Rohr miteinander verbunden sind. Beide Wasserspiegel liegen auf gleicher Höhe, deshalb kann das Wasser im Verbindungsrohr nicht fließen.



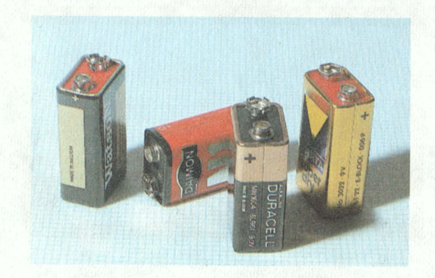


Auf dem mittleren und auf dem unteren Bild ist der Höhenunterschied U zwischen dem linken und rechten Teich 1,5 Meter bzw. 3 Meter.

Auf die Batterie bezogen können wir sagen, daß der Höhenunterschied U zwischen den beiden Wasserspiegeln dem Spannungsunterschied U zwischen den Batteriepolen entspricht.

Welche Spannung hat die Batterie?

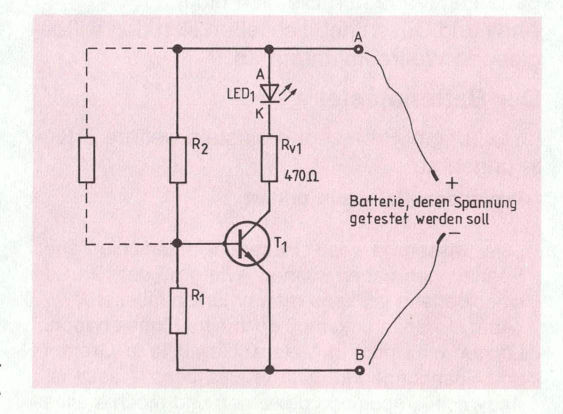
„Und jetzt schau mal auf die Batterie; was steht da drauf?“ „9V“, entziffert Andy. „Das heißt dann wohl, daß die Batterie 9 Volt liefern kann.“



„Wenn sie ganz frisch ist“, unterbricht ihn Düsentrieb. „Wenn sie aber schon etwas verbraucht ist, dann schafft sie das nicht mehr.“
Professor Kleinstein hat die Unterhaltung mitgehört und macht jetzt einen Vorschlag. „Wir könnten einen Batterietester bauen.“
Düsentrieb klappt einfach seine Tasche auf (die ja genau dem Experimentierkasten entspricht) und kann gleich loslegen. Der Professor steht an der Tafel und gibt seine Anweisungen.

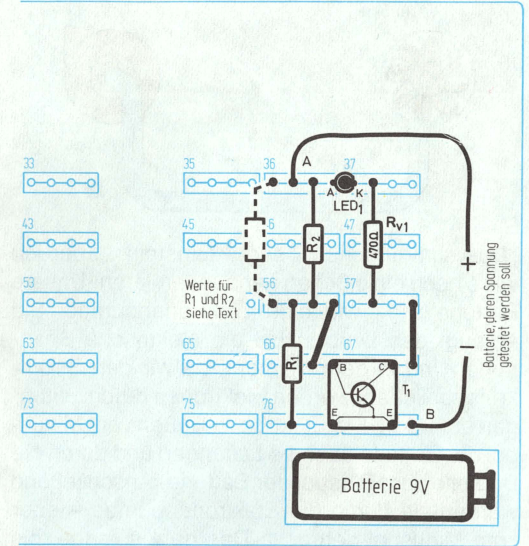
Ist die Batterie noch gut?

„Bauen Sie bitte den Batterietester genauso auf, wie es auf der Abbildung zu sehen ist. Lassen Sie aber die Widerstände R1 und R2 noch weg.“
Alle machen sich mit Feuereifer an die Arbeit und sind schon bald fertig. „Was nun?“, fragt Andy, denn er will gleich etwas messen und Ergebnisse erzielen. Kleinstein erklärt, wie es weitergehen muß.





(20) "Setzen Sie jetzt als R1 den Widerstand mit 1kΩ (braun-schwarz-rot) ein; als R2 verwenden Sie den mit 5,6kΩ (grün-blau-rot).“
„Und was dann?“ Andy ist ungeduldig. Der Professor klärt ihn auf. „Wenn Du jetzt irgendeine Batterie an die Schaltung anschließt und die Leuchtdiode leuchtet nicht, dann weißt Du, daß die Batterie weniger als etwa 4,5V hat. Brennt hingegen die Leuchtdiode, dann hat die Batterie eine Spannung von etwa 4,5V oder mehr.“
„Ich will's aber genauer wissen“, beharrt Andy. „Kein Problem“, meint Kleinstein.



Anzeige für mehr als 6 Volt



"R1 wird jetzt einfach gegen einen Widerstand mit 470Ω (gelb-violett-braun) ausgetauscht, und neben R2 stecken wir noch einen mit 15kΩ (braun-grün-orange) ein, d.h. ‚parallel' zum 5,6-kΩ-Widerstand (in der Abbildung gestrichelt eingezeichnet).
Der Professor erläutert auch noch, was man mit dieser Schaltung messen kann: „Bleibt die Leuchtdiode dunkel, dann liegen an der Batterie weniger als etwa 6V an. Leuchtet sie aber, dann hat die Batterie über etwa 6V." Und Andy schließt messerscharf: „Wenn's also vorher (bei Versuch 20) noch geleuchtet hat, jetzt aber nicht mehr, dann bringt die Batterie zwischen 4,5 und 6V."
Jetzt greift auch Düsentrieb mal wieder ins Geschehen ein: „Wir können aber auch noch andere Batteriespannungen mit unserem Testgerät ermitteln. Dafür gibt's einen Aufbau." Damit es alle verstehen, erklärt er laut und vernehmlich:

Test für noch höhere Spannungen



„Wir ziehen den 15 kΩ-Widerstand (braun – grün – orange), der parallel zu dem 5,6 kΩ-Widerstand (grün – blau – rot) liegt, heraus."

Weiter erklärt er:

„Wenn wir an die Schaltung eine Batterie anschließen, und die Leuchtdiode leuchtet auf, dann wissen wir, daß die Batterie über 7,5V hat."

„Und wenn man nun z.B. eine 12V-Autobatterie anschließt?" will Andy wissen.



Auch diese Frage bringt Kleinstein nicht aus dem Konzept. „Die bisherigen Aufbauten kannst Du ruhig auch für Autobatterien verwenden. Willst Du aber 12V nachweisen, dann mußt Du die Schaltung noch einmal umbauen."

Prüfung der Autobatterie



"Als Widerstand R1 brauchen wir wieder den mit 1kΩ (braun-schwarz-rot), als R2 stecken wir 15kΩ (braun-grün-orange) hinein."

Professor Kleinstein gibt abschließend noch eine wichtige Erklärung ab:

„Sie sollten noch wissen, daß die Spannung einer Batterie immer etwas absackt, wenn man ihr Strom entnimmt. Bei gebrauchten Batterien kann die Spannung unter Umständen gehörig in die Knie gehen. So dienen unsere Testexperimente auch dazu festzustellen, in welchem Zustand sich eine Batterie befindet."

„Ich finde das ja alles wunderbar", meint Andy, „aber wir operieren da immer mit Widerständen rum, wissen ungefähr wie sie aussehen, aber was sie eigentlich tun – das wissen wir nicht." „Keine Bange", beruhigt ihn Kleinstein, „das kommt gleich."

Störungsstelle: der Widerstand

„Nach diesem praktischen Teil, meine Damen und Herren, darf ich Sie wieder bitten, mir zu folgen. Ich möchte Ihnen noch einiges erklären."
Und wieder geht's hinüber in den Unterrichtsraum. Alle Zuhörer warten schweigend, was der Professor zum Thema „Widerstände" zu sagen hat.

Professor Kleinstein erklärt:

„Ein Widerstand ist ein elektronisches Bauteil", beginnt er, „das dem Stromfluß Widerstände entgegensetzt. Der Strom kann also durch einen Widerstand nicht ungehindert durchfließen, dadurch wird er in seiner Stärke abgebremst. Bei großem Widerstand kann nur ein kleiner Strom fließen. Ist der Widerstand dagegen gering, fließt ein großer Strom."

„Wir haben die Dinger zwar schon eingesetzt", ruft Andy dazwischen, „aber was machen die nun eigentlich in einer Schaltung?"
„Einerseits", antwortet der Professor, „verhindern sie, daß ein Kurzschluß entsteht, daß also Elektronen ungehindert wie wild durch den Draht rasen und die Batterie in null Komma nichts erschöpft ist. Anderseits kann man mit ihnen einen gewünschten Strom sehr genau einstellen. Unsere Leuchtdiode z.B. benötigt einen bestimmten Strom, der durch einen 470-Ω-Widerstand dosiert wird."

„Um das Thema ‚Widerstände' abzuschließen", fährt der Professor fort, „noch einige wenige Informationen: das Schaltzeichen des Widerstandes kennen Sie ja noch von der Teileliste zu Anfang. Wir haben es hier nochmals dargestellt.

—▭— = Widerstand

Die Maßeinheit des Widerstandes ist das Ohm, abgekürzt mit dem griechischen Buchstaben Omega (Ω). Je stärker ein Widerstand ist, je mehr er also den Strom behindert, desto höher ist seine Ohmzahl. 1000 Ohm sind 1 Kilo-Ohm (abgekürzt 1kΩ), so wie 1000 Gramm ja auch 1 Kilogramm sind."

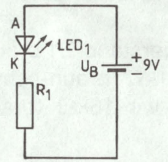
Poppige Farben für Widerstandswerte

Welchen Ohmwert ein Widerstand hat, kann man sehr leicht herausfinden, wenn man ihn so betrachtet, daß sich der goldene oder silberne Ring rechts befindet. Dann kann man den Wert an den drei anderen Farbringen von links nach rechts ablesen, weil jede Farbe eine Zahl bedeutet. Die beiden linken Ringe geben den Zahlenwert und der dritte von links die Anzahl der Nullen an, die an diesen Zahlenwert anzuhängen sind. Solange man die Bedeutung der Farbringe noch nicht auswendig weiß, arbeitet man am besten mit der Widerstandstabelle auf der Rückseite des Experimentierbuchs.

4. Ring silber oder gold

	1. Ring 1. Zahl	2. Ring 2. Zahl	3. Ring Anzahl der Nullen
0	schwarz	schwarz	schwarz
1	braun	braun	braun
2	rot	rot	rot
3	orange	orange	orange
4	gelb	gelb	gelb
5	grün	grün	grün
6	blau	blau	blau
7	violett	violett	violett
8	grau	grau	grau
9	weiß	weiß	weiß

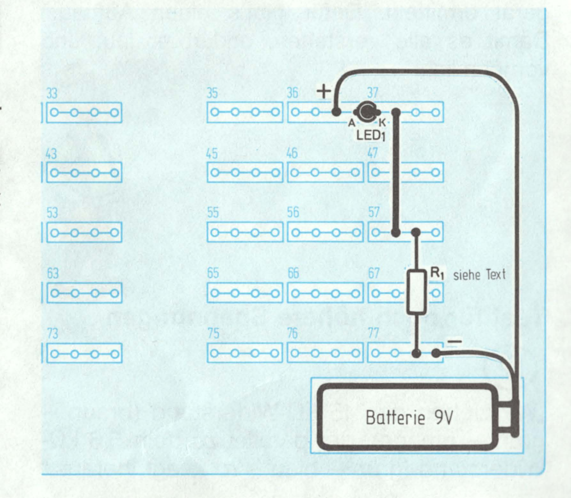
Andy ist noch nicht zufrieden: „Und woher kommt der Begriff ‚Ohm'?" Auch das kann Kleinstein erklären: „So wie man mit der Bezeichnung ‚Volt' einen großen Physiker geehrt hat, so hat man es auch mit dem ‚Ohm' gemacht. Es gab da nämlich einen Herrn Ohm, der vor weit über 100 Jahren eine der wichtigsten Grundlagen der Elektrotechnik geschaffen hat."



„Und welche waren das?" will Andy wissen. „Das ist nicht ganz einfach", sagt der Professor. „Was Spannung, Widerstand und Stromstärke sind, das wissen Sie. Ohm hat entdeckt, welcher Zusammenhang zwischen diesen Dingen besteht."
„Und welcher ist es?" fragt einer der Astronauten. Kleinstein gibt das ‚Ohmsche Gesetz' preis: „Spannung (in Volt gemessen), geteilt durch den Widerstand (gemessen in Ohm) ergibt die Stromstärke (in Ampere). Das ist nun etwas für Leute, die gerne rechnen. Zum Verständnis der praktischen Bedeutung sollten wir noch einige kleine Versuche machen".

(24) Andy baut die Schaltung wie in der Abbildung angegeben auf. Als Widerstand R1 verwendet er einen mit 1kΩ (braun-schwarz-rot).

Man kann beobachten, daß die Leuchtdiode schön hell leuchtet.



Mehr Widerstand – weniger Strom

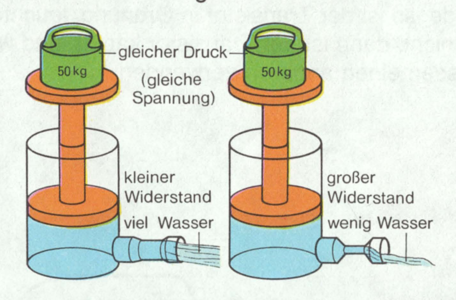


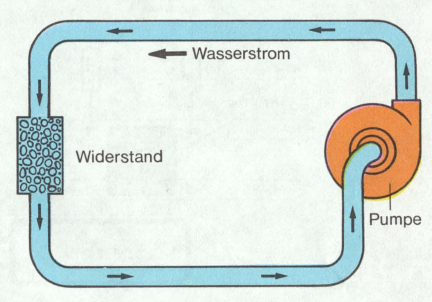
Jetzt setzt man für den Widerstand R1 einen mit 5,6 kΩ (grün-blau-rot) ein.

Was passiert? Die Leuchtdiode brennt wesentlich schwächer.

26 Jetzt verwendet man als Widerstand R1 einen mit 15kΩ (braun-grün-orange).
Es ist kaum noch ein Leuchten der Leuchtdiode wahrnehmbar: der sehr hohe Widerstand verhindert, daß Strom in ausreichendem Maße durch die Leuchtdiode fließt.

Auch beim Wasser gilt:





Wenn man mehrere Widerstande in einen Stromkreis schaltet, so gibt es zwei Möglichkeiten: entweder man schaltet sie hintereinander, oder man schaltet sie parallel.

Widerstände – parallelgeschaltet



Man baut eine kleine Schaltung nach der Abbildung auf. Als Widerstand R1 verwendet man einen mit 15 kΩ (braun-grün-orange), als Widerstand R2 einen mit 5,6 kΩ (grün-blau-rot).

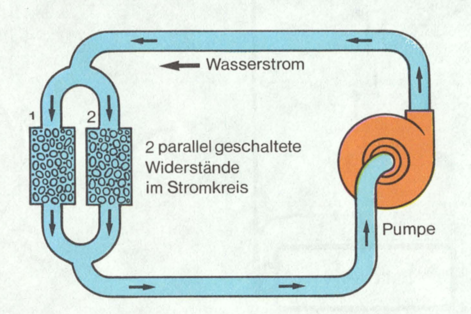
Die Leuchtdiode wird glimmen, obwohl beide Widerstände einen ziemlich hohen Wert haben. Wir haben dem Strom einen zweiten Pfad geschaffen. Technisch formuliert bedeutet das: Parallelschaltung von Widerständen verringert den Gesamtwiderstand dieses Schaltungsteils.

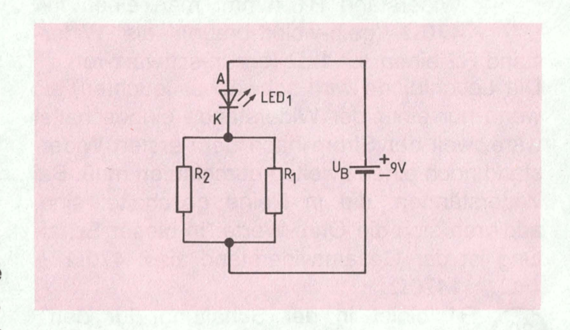


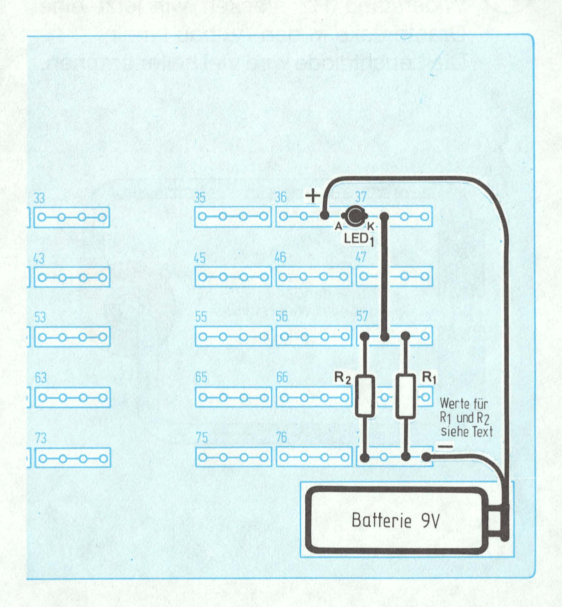
Jetzt baut man für R2 einen Widerstand mit 1kΩ ein.

Die Leuchtdiode leuchtet heller, weil der Gesamtwiderstand aus der Parallelschaltung von R1 und R2 geringer ist als im vorherigen Versuch.

Was passiert aber, wenn man Widerstände in dem Stromkreis hintereinander schaltet?





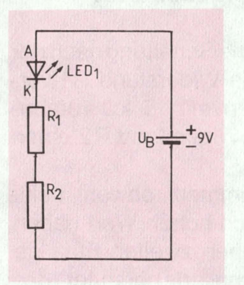


Widerstände hintereinander

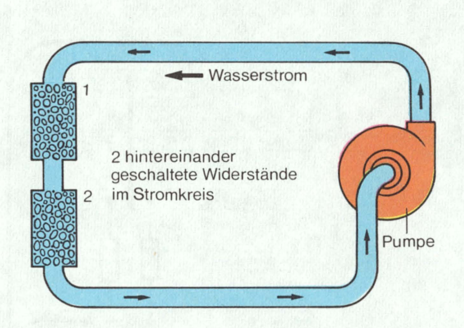
(29) Man baut eine Schaltung auf, die genauso aussieht wie die Abbildung. Als Widerstand R1 nimmt man einen mit 470Ω (gelb-violett-braun), als Widerstand R2 einen mit 1kΩ (braun-schwarz-rot). Die Leuchtdiode wird schwächer leuchten, als wenn nur einer der Widerstände eingeschaltet wäre, weil der Strom nach dem ersten Widerstand noch einen zweiten durchlaufen muß. Bei Widerständen, die in Reihe geschaltet sind, addieren sich die Ohm-Werte. In dieser Schaltung ist der Gesamtwiderstand also: 470Ω + 1kΩ = 1470Ω.

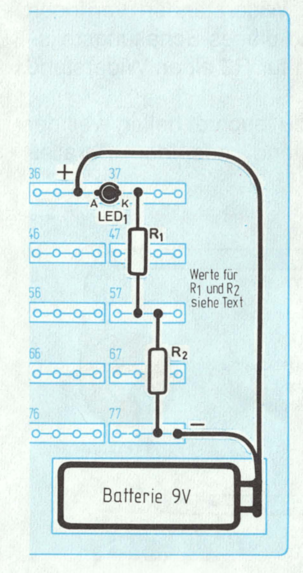
(30) R1 bleibt in der Schaltung, für den Widerstand R2 stecken wir jetzt eine Drahtbrücke in den Aufbau hinein.
Die Leuchtdiode wird viel heller brennen, denn eine Drahtbrücke setzt dem Strom keinen Widerstand entgegen; sie hat praktisch 0Ω.

(31) Man zieht jetzt den Widerstand R1 ganz heraus. Die Leuchtdiode geht aus, denn ein „Loch" in der Schaltung bedeutet, daß der Widerstand an dieser Stelle praktisch unendlich hoch ist.





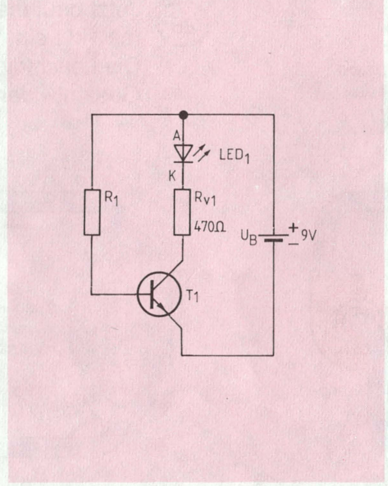


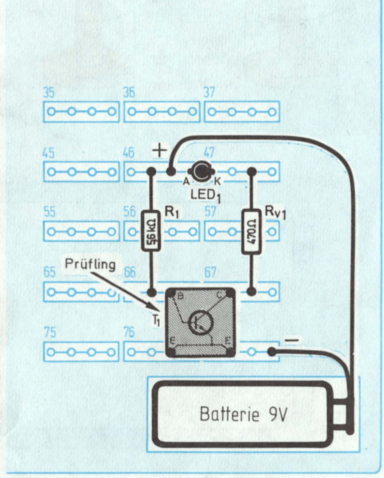


Gut oder schlecht: Der Transistorprüfer

„Jetzt wird es aber höchste Zeit, daß wir wieder etwas Praktisches bauen!" Darin sind sich alle einig.
„Wir bauen jetzt ein Gerät", schlägt Düsentrieb vor, „mit dem wir die Funktionsfähigkeit eines weiteren Bauteils überprüfen können. Ich denke da an einen Transistorprüfer."

(32) Er baut die Schaltung genauso auf, wie auf der Abbildung zu ersehen ist.
„Der Trick dieser Schaltung ist, daß wir feststellen können, ob der Transistor funktioniert", erklärt Düsentrieb. „Leuchtet die Diode, so ist der Transistor in Ordnung, leuchtet sie nicht, dann ist der Transistor kaputt, und wir müssen einen anderen verwenden."





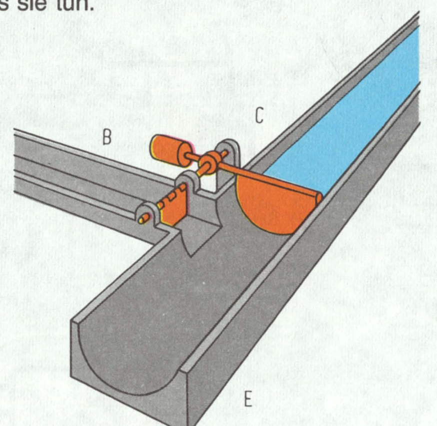
Ein starker Stromverstärker: der Transistor

„Und wenn man jetzt noch wüßte“, denkt Andy laut nach, „was ein Transistor eigentlich ist, was er alles kann...“

Professor Kleinstein erklärt:

„Das ist gar nicht so schwer“, erläutert Kleinstein.“Ein Transistor hat drei Anschlußbeine, das kannst Du deutlich erkennen, wenn Du das Transistormodul einmal näher anschaust. Am Modul selbst allerdings wirst Du unten vier Anschlußstifte entdecken; das liegt daran, daß eines der Transistor-Beine Verbindung zu zwei Anschlußstiften hat. Auf dem Modul findest Du die Bezeichnung B, C und E. B steht für Basis, C für Kollektor und E für Emitter; so nennt man nämlich die Anschlüsse eines Transistors.“

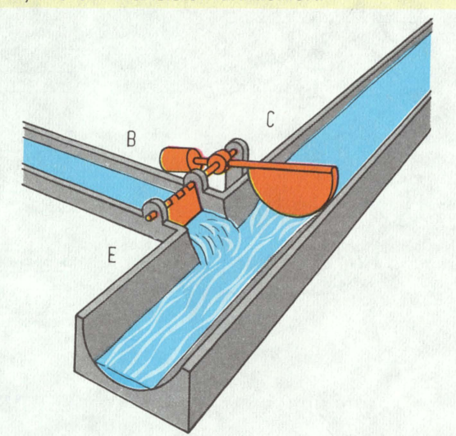
„Jetzt weiß ich zwar, wie die drei Beinchen heißen“, mault Andy, „aber immer noch nicht, was sie tun.“



Professor Kleinstein erklärt:

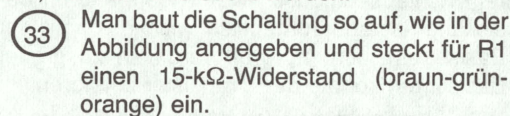
„Man kann sich vorstellen, daß ein Transistor wie eine Schleuse funktioniert.“ Er malt zwei Skizzen an die Tafel, wie sie hier zu sehen sind. „Im ersten Bild ist dargestellt, was sich tut, wenn sich an der Basis nichts tut – nämlich nichts: Unsere Schleuse blokkiert den Wasserstrom, der gerne von C nach E hinunterfließen möchte. Das ändert sich nun, wenn – wie im zweiten Bild – in den Kanal B ein kleiner Strom geleitet wird: das Wasser im B-Kanal drückt gegen die linke kleine Klappe, und – siehe da! – über den Mechanismus wird dadurch die rechte große Sperrklappe angehoben, und von C nach E kann ein dicker Strom fließen. Das Prinzip ist fantastisch: der kleine Strom im B-Kanal (Basisstrom) bewirkt einen großen Strom im C-E-Kanal (Kollektor-Emitterstrom). Du siehst jetzt, was mit dem Wort ‚Stromverstärkung‘ gemeint ist.“

„Aber im Transistor gibt es doch keine Schleusen“, entrüstet sich Andy. „Aber nein“, macht Düsentrieb klar. „Es ist nur ein Bild, damit man sich vorstellen kann, wie ein Transistor funktioniert.“



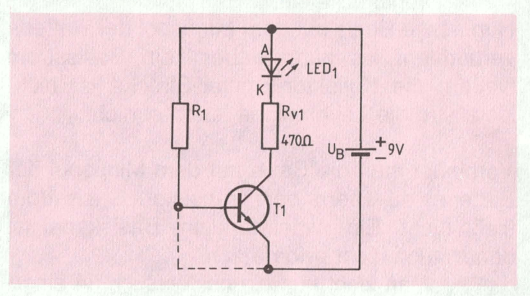
Grundversuche mit dem Transistor

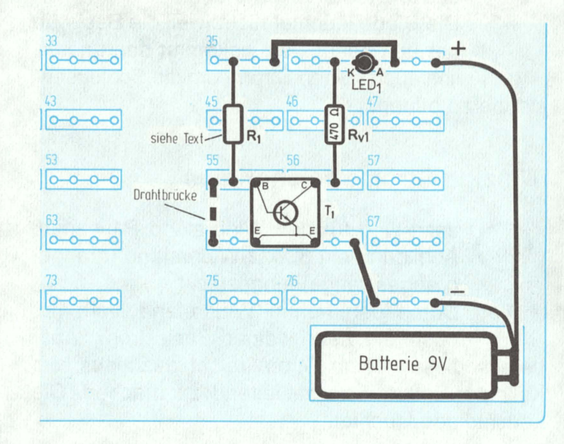
Wie man einen Transistor dazu bringt, vom Kollektor zum Emitter einen Strom durchzulassen, soll nun untersucht werden.



(33) Man baut die Schaltung so auf, wie in der Abbildung angegeben und steckt für R1 einen 15-kΩ-Widerstand (braun-grün-orange) ein.

Die Leuchtdiode brennt, vom Kollektor zum Emitter fließt also ein Strom.





Wir merken uns:

Verbindet man die Basis über einen Widerstand mit dem Pluspol der Batterie, so wird die Kollektor-Emitter-Strecke leitend, ähnlich wie bei unserem Schleusenmodell. Der Widerstand im Basiskanal ist außerordentlich wichtig, damit der Basisstrom nicht zu groß wird; ein zu großer Basisstrom könnte den Transistor zerstören.



Nun zieht man den Widerstand R1 heraus und steckt die gestrichelt gezeichnete Drahtbrücke ein.

Nun ist die Basis mit dem Minuspol der Batterie verbunden. Es kann daher kein Basisstrom fließen; die Kollektor-Emitter-Strecke ist blokkiert, und die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Verbindet man die Basis mit dem Minuspol der Batterie, so sperrt der Transistor. Basisstrom fließt nicht. Ein Widerstand im Basiskanal ist daher auch nicht erforderlich.



Man zieht nun die bei Versuch 34 eingesetzte Drahtbrücke heraus.

Die Diode leuchtet nicht, weil die Basis „in der Luft hängt“, sie bekommt dann natürlich auch keinen Strom, um die Schleusenklappe zu öffnen.

Winzige Ströme reichen aus



Jetzt wird für den Widerstand R1 gemäß Abbildung ein 33-kΩ-Widerstand (orange-orange-orange) eingesteckt.

Durch den hohen Widerstand fließt nur noch ein sehr kleiner Basisstrom. Aber bereits dieser kleine Strom reicht dazu aus, die Kollektor-Emitter-Strecke leitend zu machen. Die Leuchtdiode leuchtet.



Nun nimmt man als Widerstand R1 sogar einen Widerstand mit 220kΩ (rot-rot-gelb).

Dadurch wird der Basisstrom noch kleiner. Aber bereits dieses Strömchen reicht aus, die Leuchtdiode zum Leuchten zu bringen.



Statt des Widerstandes R1 faßt man nun mit angefeuchteten Fingern an die entsprechenden Steckfedern.

Die feuchten Finger haben sicherlich einen sehr hohen Widerstand. Der Strom, der fließt, ist deswegen außerordentlich klein. Aber er genügt, die Kollektor-Emitter-Strecke leitend zu machen und die Leuchtdiode so zum Leuchten zu bringen.

Wenn schon ein einzelner Transistor in der Lage ist, einen kleinen Strom gewaltig zu verstärken, was passiert dann, wenn man zwei Transistoren zur Verstärkung heranzieht?

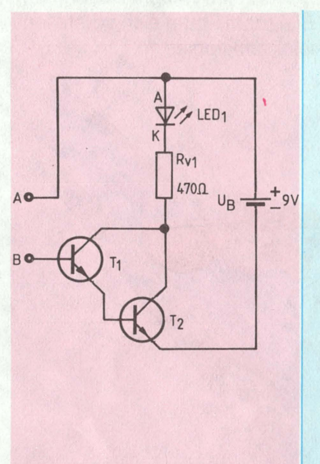
Sensibel: eine elektronische Sensortaste

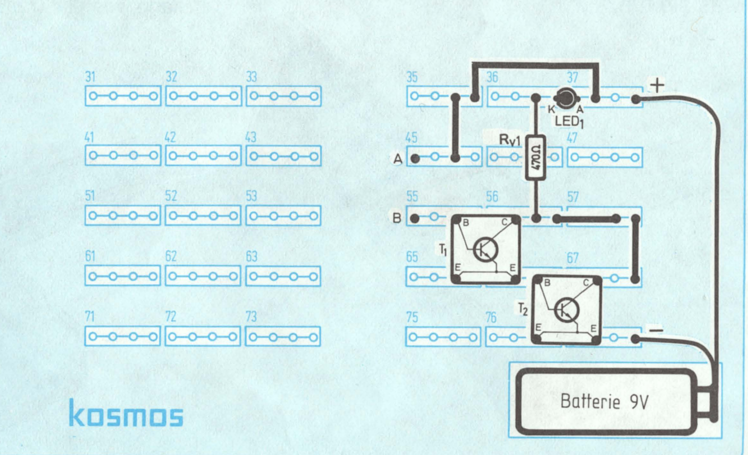


Man baut eine Schaltung gemäß der Abbildung unten auf.

Wenn man nun einen trockenen (!) Finger auf A, und einen anderen auf B legt, dann geht die Leuchtdiode an. Ein winzig kleiner Strom fließt über die Finger auf die Basis des Transistors T1. Dadurch kann ein Strom vom Kollektor zum Emitter dieses Transistors fließen. Der Emitter von T1 ist aber direkt an die Basis von T2 angeschlossen. Und erneut wird der Strom verstärkt; er reicht jetzt aus, um die Diode zum Leuchten zu bringen. Wir haben eine Sensortaste für das Einschalten der Leuchtdiode erfunden.

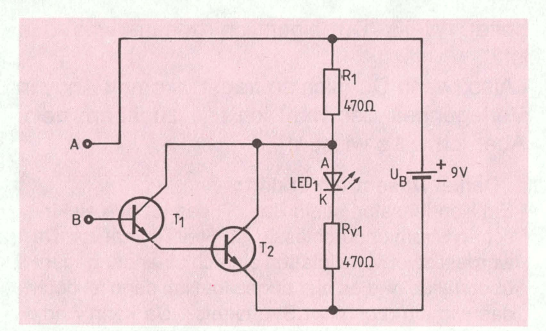
Es geht aber auch anders herum. Man kann auch eine brennende Leuchtdiode nur durch Berühren zum Verlöschen bringen.

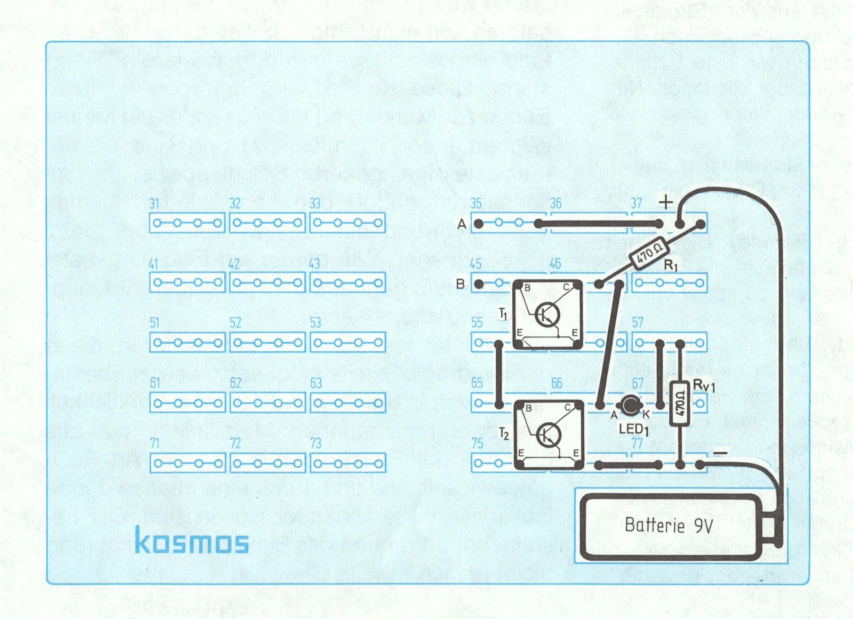




(40) Man baut die kleine Schaltung so auf, wie es die Abbildung zeigt.

Berührt man nun A und B mit zwei Fingern, so fließt ein winziger Strom in die Basis von T1 und wird in diesem Transistor verstärkt. Sein Emitterstrom fließt dann in die Basis von T2 und erfährt dort eine zweite Verstärkung... T2 wird also leitend und bietet dem Strom somit einen bequemen Weg an, an der Leuchtdiode vorbeizufließen. Die Leuchtdiode erhält keinen Strom mehr und geht aus.







4. In San Francisco

Düsentrieb und Andy verabschieden sich von Professor Kleinstein. „Professor, wir danken Ihnen herzlich für Ihre interessante Ausführung. Ich denke, wir haben eine Menge dazugelernt."

„Und was machen wir jetzt?" will Andy wissen. „Ich habe hier in Amerika noch andere Freunde mit ganz hochinteressanten Berufen", erklärt



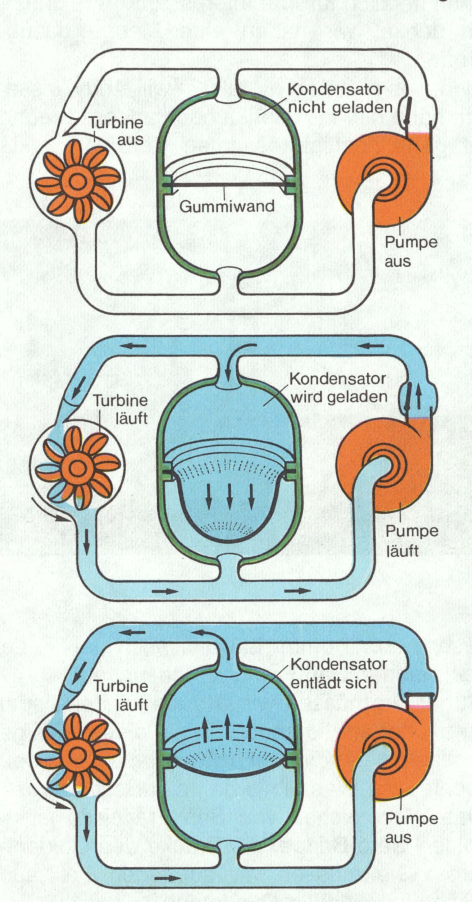
Düsentrieb. „Komm, laß uns noch den Feuerwehrmann in San Francisco besuchen!"

„Au ja! Da müssen wir ja auch wieder fliegen, ganz rüber an die andere Küste dieses riesigen Kontinents." Andy freut sich schon auf das neue Abenteuer. „Was gibt's da noch Besonderes?"

„Das Wahrzeichen von San Francisco ist die Golden Gate Bridge, die Brücke des Goldenen Tores. Die müssen wir auf jeden Fall auch anschauen", erklärt Düsentrieb. –

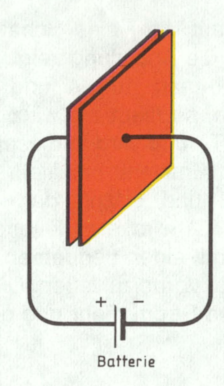
Elektrizitätsspeicher: der Kondensator

Im Flugzeug nutzt Düsentrieb mal wieder die Zeit, um Andy etwas vorzustellen. „Wir haben doch schon mehrfach mit Kondensatoren gearbeitet. Weißt Du eigentlich genau, was das ist?"



„Also, wenn Du mich so fragst", kommt Andy in Verlegenheit, „so muß ich's ja zugeben: nein. Aber ich will's wissen!"

Daniel Düsentrieb erklärt:
Ein Kondensator ist ein Bauteil, das für den elektrischen Strom undurchlässig ist: Stell Dir mal vor, Du würdest zwei Metallplatten einfach einander gegenüberstellen, wie es hier abgebildet ist; dann ist doch das wie ein ‚Loch' im Stromkreis." Da kann Andy nur zustimmen. „Also", fährt Düsentrieb fort, „Strom kann durch den Kondensator nicht hindurchfließen, es passiert aber etwas anderes Erstaunliches: auf der einen Kondensator-Platte sammeln sich massenhaft Elektronen, während von der anderen welche abgezogen werden. Nimmt man den Kondensator in diesem Zustand aus dem Stromkreis heraus, so hat er also Elektronen gespeichert. Der Kondensator verhält sich dann wie eine Batterie, eine mit sehr kurzer Lebensdauer allerdings. Nun kann aber nicht jeder Kondensator gleich viel Elektronen aufnehmen."
„Dann braucht man ja wieder Maßeinheiten dafür", fällt es Andy ein. „Aber ja", meint Düsentrieb, „und wieder hat ein alter Physiker als Namenspatron herhalten müssen. Ein Herr Faraday. Die Einheit der Kapazität (und so nennt man auch die Fähigkeit eines Kondensators, Elektronen zu speichern) ist das ‚Farad'."
„Wie Fahrrad?" lacht Andy. Da muß auch Düsentrieb mitschmunzeln. „Man spricht es fast gleich, schreibt es aber etwas anders. Ein Farad (abgekürzt F) ist eine ziemlich große Einheit. Für unsere Zwecke haben wir es meistens mit Kondensatoren zu tun, die eine Kapazität im Bereich von ein paar Millionstel Farad haben. Und auch dafür gibt es eine spezielle Bezeichnung. Ein Millionstel Farad nennt man ein Mikrofarad, abgekürzt μF, und ein Milliardstel Farad nennt man Nanofarad, abgekürzt nF."



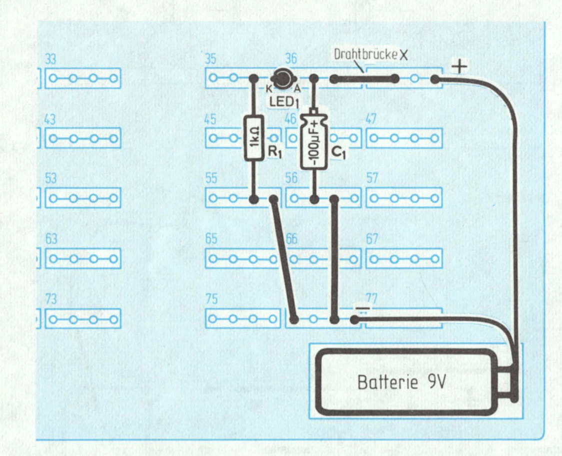
„Toll, was es nicht alles gibt!" wundert sich Andy.

„Noch was", sagt Düsentrieb, „es gibt Kondensatoren, die nicht einfach beliebig in eine Schaltung eingesteckt werden dürfen wie ein Widerstand. Diese Kondensatoren tragen an ihren Enden zur Markierung ein Plus- oder ein Minuszeichen (oder auch beides) und sind an der Plusseite oft eingekerbt. Solche speziellen Kondensatoren haben den komplizierten Namen ‚Elektrolyt-Kondensator', werden aber kurz ‚Elko' genannt. Wie herum ein Elko eingesetzt werden muß, geht aus dem jeweiligen Aufbauplan genauestens hervor."
„Und ein letztes: bei den Kondensatoren, die in der Elektronik-Praxis eingesetzt werden, bestehen die vorhin erwähnten ‚Platten' in Wirklichkeit aus zwei hauchdünnen Metallfolien, die aus Gründen der Platzersparnis zu einer Art Rolle aufgewickelt sind und durch eine ebenso dünne Isolierfolie gegeneinander isoliert sind. Die beschriebene Wirkung der Elektronenspeicherung bleibt jedoch erhalten."

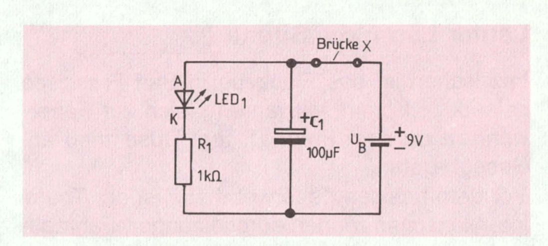
Zum Merken:
einige einfache Versuche mit dem Kondensator

Düsentrieb hat schon erklärt, daß ein Kondensator Elektronen speichern kann. Das zeigt er jetzt an einigen kleinen Versuchen.
Wie lange entlädt sich ein Kondensator?

(41) Er baut eine Schaltung so auf, wie auf der Abbildung gezeigt. Als Widerstand R1 wählt er einen mit 1kΩ (braun-schwarz-rot), als C1 verwendet er einen



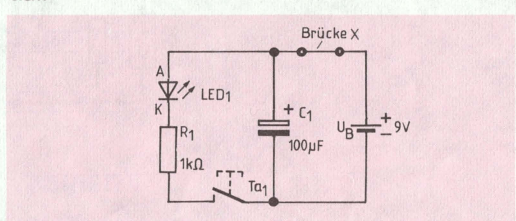
Kondensator mit 100µF; die Leuchtdiode leuchtet. Dann trennt er die Batterie von der Schaltung ab, indem er die Zuleitung durch Herausziehen der Drahtbrücke x unterbricht.
Die Leuchtdiode verlischt nicht sofort, sondern sie glimmt einen kleinen Moment nach. Klar, denn der Kondensator hat ja Elektronen gespei-

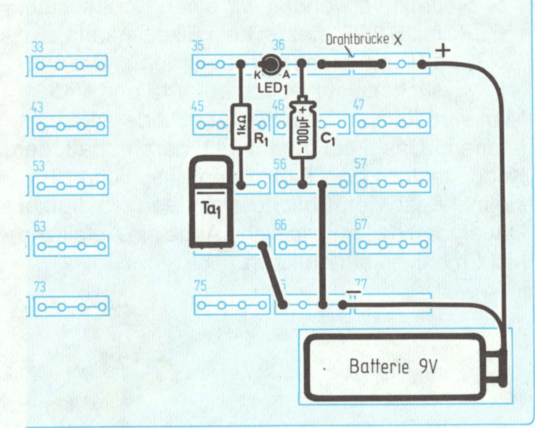


chert, die er nun nach dem Abklemmen der Batterie an die Leuchtdiode abgeben kann. Dieser Elektronenstrom aus dem Kondensator bewirkt das Nachleuchten der Leuchtdiode. Für einen kurzen Moment arbeitet der Kondensator also wie eine Batterie.
Daß ein geladener Kondensator wie eine Batterie wirkt, kann man auch in dem folgenden Versuch sehr deutlich beobachten.

Eine Mini-Blitzlampe

(42) In die abgebildete Schaltung steckt man als Widerstand R1 einen 1-kΩ-Widerstand (braun-schwarz-rot) ein, als Kondensator C1 einen mit 100µF (genau wie in V41). Dann zieht man die Drahtbrücke X heraus, so daß die Zuleitung zum Pluspol der Batterie unterbrochen wird. Wenn man nun den Taster Ta drückt, leuchtet die Leuchtdiode kurz auf.





Was ist passiert? In der Zeit, in der die Batterie noch angeschlossen war, hat sich der Kondensator C1 aufgeladen. Wird der Batterieanschluß herausgezogen, so kann er sich nicht entladen, weil die Verbindung zur Leuchtdiode unterbrochen ist. Erst durch Betätigen des Tasters wird der Entlade-Stromkreis zur Leuchtdiode geschlossen. Die Diode leuchtet nun, bis der Kondensator entladen ist. Nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten übrigens auch Elektronen-Blitzgeräte.

(43) Man ersetzt nun den Kondensator von 100µF durch einen mit 10µF und verfährt dann wie im Versuch 42.
Die Leuchtdiode leuchtet sehr viel kürzer auf, als beim vorherigen Versuch. Das ist ja auch klar: der 10µF-Kondensator hat eine geringere Kapazität als der mit 100µF. Er kann also weniger Elektronen speichern und bringt die Leuchtdiode nur für eine ganz kurze Zeit zum Leuchten.

(44) Jetzt verwenden wir einen Kondensator mit 6,8nF (dies ist kein Elko, er kann also beliebig eingesteckt werden!). Der Versuchsablauf ist wie bei V42 und V43.

Man wird kein Aufleuchten der Diode erkennen können. Das liegt nun nicht daran, daß der Kondensator keine Elektronen gespeichert hat, vielmehr ist der Entladestrom von so kurzer Dauer, daß das menschliche Auge ein Aufblitzen nicht mehr erkennen kann.

Daniel Düsentrieb erklärt abschließend:

„Kondensatoren sind eine Unterbrechung des Stromkreises, aber sie können Elektronen speichern. Ein geladener Kondensator wirkt für eine gewisse Zeit wie eine Batterie. Kondensatoren mit hoher Kapazität können viel, solche mit kleinerer Kapazität nur wenig speichern. Ein µF (Mikro-Farad) ist der Millionstel Teil der Maßeinheit Farad, ein nF (Nano-Farad) ist sein Milliardster Teil. Es gibt Kondensatoren, bei denen Plus- oder Minuszeichen aufgedruckt sind; solche Kondensatoren heißen Elko (Elektrolytkondensator).

Kondensatoren in Reihe und parallel

Schaltet man Kondensatoren parallel, so erhält man eine höhere Kapazität, Reihenschaltung hingegen ergibt eine niedrigere Kapazität.

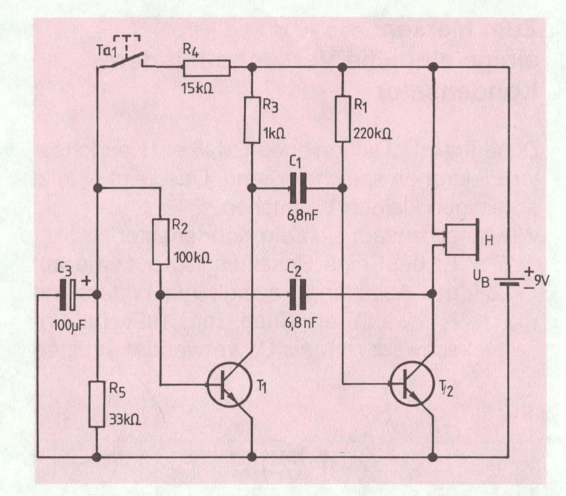
Lauter Lärm: die Sirene

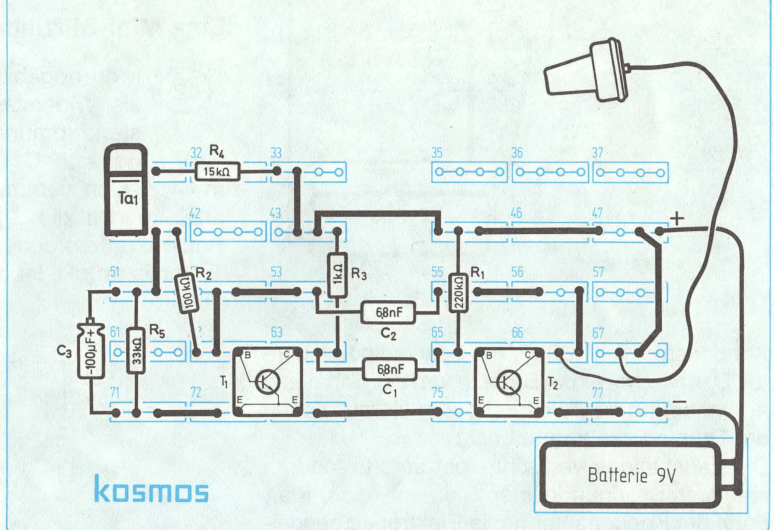
Inzwischen ist das Flugzeug in San Francisco gelandet. „Komm, wir fahren gleich zur Feuerwehr zu meinem Freund“, regt Düsentrieb an. Gesagt -getan.

Vor dem riesigen Feuerwehrhaus ist der Teufel los. Menschen rennen durcheinander, Fahrzeuge kommen vom Einsatz zurück, andere verlassen mit Blaulicht und lautem „Tatü“ in rasender Fahrt das Gelände.

„Um hier durchzukommen“, grübelt Andy, „sollte man selbst eine Sirene haben.“ „Kein Problem“, sagt Düsentrieb und öffnet seine Bereitschaftstasche, in der er seine elektronischen Bauteile mit sich führt.

Düsentrieb nimmt die Steckplatte aus dem Koffer und baut die Schaltung genauso auf, wie es aus der Abbildung hervorgeht.



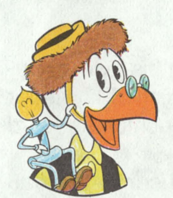


„Ich höre aber noch gar nichts", mault Andy. „Natürlich nicht, denn meine Sirene ist sozusagen halbautomatisch", entgegnet Düsentrieb, „Du wirst Dir schon die Mühe machen müssen, den Taster ein bißchen zu betätigen."

Ein auf- und abschwellender Ton

45 Andy greift den Ohrhörer und drückt vorsichtig auf den Taster Ta. Siehe da: der Ton wird höher; dann läßt er den Taster los, und der Ton wird langsam wieder tiefer.

„Das grenzt ja an Hexerei", Andy ist ganz aufgeregt, „ich wette, daß hier das Auf- und Entladen eines Kondensators eine Rolle spielt." Düsentrieb nickt zufrieden: „Genauso ist es."



Düsentrieb ist jetzt nicht zu bremsen: „Wir ändern die Sirenengeschwindigkeit!" ruft er aus.



46 Düsentrieb zieht den Widerstand R5 mit 33kΩ (orange-orange-orange) heraus und ersetzt ihn durch einen 5,6-kΩ-Widerstand (grün-blau-rot).

Andy versucht gleich, was das gebracht hat, und das Ergebnis ist so, wie es Düsentrieb vorhergesagt hat: der Ton schwillt nun wesentlich rascher auf und ab.

Die „Schneckensirene"

„Aber das war noch lange nicht alles." Düsentrieb hat noch einen Versuch auf Lager: die Schneckensirene. „Die heißt so, weil sie so fürchterlich langsam ist. „



47 "Wir nehmen einfach den Widerstand R5, der ja parallel zum Kondensator C3 geschaltet ist, ganz heraus."

Andy drückt die Taste und läßt sie nach einiger Zeit wieder los. Der Ton geht nun sehr langsam zurück.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Diese Schaltung nennt man Tongenerator, weil sie Töne erzeugen kann. Tongeneratoren werden wir später noch ausführlich besprechen (in Kapitel 6), hier wollen wir nur mal den Sireneneffekt unter die Lupe nehmen. Betrachten wir zunächst den Transistor T1: wenn der Taster nicht gedrückt ist, erhält er keinen Basisstrom, und der Tongenerator kann nicht arbeiten. So, und jetzt betätigen wir mal in Gedanken den Taster. Der Strom, der jetzt über Widerstand R4 kommt, fließt zum allergrößten Teil in den leeren Kondensator C3 hinein und nur zu einem kleinen Teil über R2 in die Basis von T1. Je voller C3 jedoch wird, desto weniger Strom beansprucht er, und desto mehr Strom steht für die Basis von T1 zur Verfügung. Dieses Verhalten hat einen langsam ansteigenden Ton zur Folge.

Lassen wir nun den Taster los, wirkt C3 wie eine Batterie: er liefert Basisstrom an T1, am Anfang viel, nach und nach immer weniger – bis T1 schließlich seine Arbeit in der Tongeneratorschaltung mangels Basisstrom einstellt. Sollte C3 nun noch eine Winzigkeit aufgeladen sein, so sorgt R5 dafür, daß er ganz entladen wird."

Jetzt wird's heiß: der Brandmelder

Nach dem Bau der Sirene ist es endlich Zeit, den Freund von Düsentrieb zu begrüßen. „Hallo, Brandinger, kennst Du mich noch?" ruft Düsentrieb einem Feuerwehrmann zu, der gerade aus einem großen Fahrzeug aussteigt. „Mensch, Düsentrieb, was machst Du denn hier?" freut sich der hühnenhafte Feuerwehrmann. „Und wer ist denn das da?" will er wissen und zeigt auf Andy.



„Das ist Andy, mein Assistent und ‚Lehrling'", gibt ihm Düsentrieb Auskunft. „Hallo, wie geht's Dir", sagt Brandinger, der vor vielen Jahren aus Bayern ausgewandert ist, und hält Andy seine kräftige Hand hin.

„Lieber Brandinger", beginnt Düsentrieb, „wir sind natürlich auch da, um Dich zu besuchen. Aber wir haben einen Hintergedanken. Kannst Du uns irgendwelche spannenden elektronischen Geräte zeigen, die Ihr hier verwendet?"

„Aber mit großem Vergnügen! Schaut mal her, hier habe ich z.B. einen Brandmelder." „Und wie funktioniert der?" fragt Andy gleich nach, denn

neue Geräte und Tricks sind für ihn ja immer spannend.
„Ganz einfach“, entgegnet Brandinger und nestelt einen Plan aus seiner Brusttasche.
Düsentrieb holt seine Tasche und baut das Gerät so auf, wie es auf der Skizze von Brandinger (siehe Abbildung) zu sehen ist.

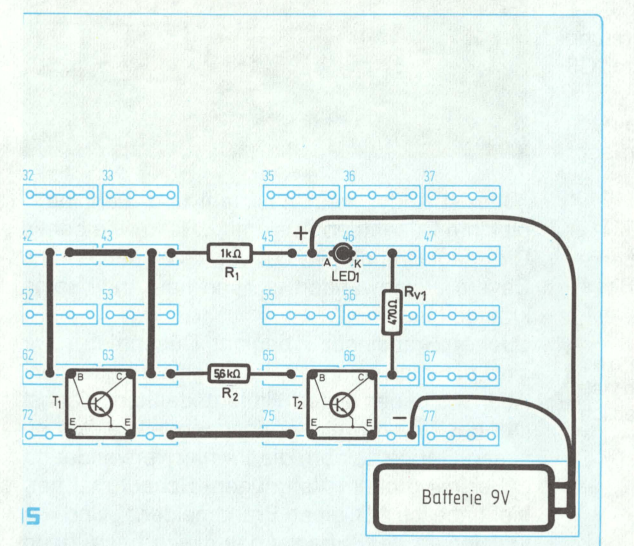
Die Leuchtdiode leuchtet, aber sonst ist noch nichts Besonderes zu sehen. „Was soll denn das jetzt?“ fragt Andy mißmutig, „da tut sich ja überhaupt nichts!“
„Das ist auch gut so“, meint Brandinger, „hier brennt ja auch nichts, und das Gerät soll ja Brände melden.“
„Dann wollen wir doch einfach mal einen Brand vortäuschen“, rät Düsentrieb und zaubert aus seiner Tasche einen Haarfön hervor.

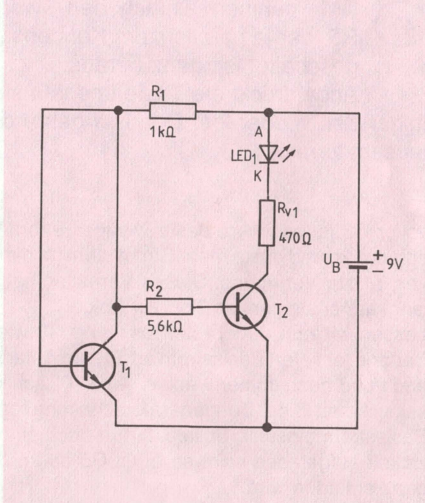
(48) Mit diesem Fön bläst er den Transistor T1 an. Dabei achtet er darauf, daß die anderen Teile, insbesondere der Transistor T2 nicht miterwärmt werden. Dazu hält er ein Stück dicken Karton zwischen T1 und T2.
Wer hätte das gedacht? Die Leuchtdiode wird, je stärker der Transistor T1 erwärmt wird, immer dunkler und verlöscht fast ganz. (Ähnlich arbeiten übrigens auch Kontrollgeräte für Automotoren: Solange der Motor noch kalt ist und die normale Betriebstemperatur noch nicht erreicht ist, leuchtet eine Warnlampe.)
„Na, das ist ja ein Ding“, wundert sich Andy. „Wie kann eine elektronische Schaltung denn fühlen?“ Diese Frage nimmt Düsentrieb gleich zum Anlaß einer Erklärung.



Daniel Düsentrieb erklärt:

„Siehst Du, elektronische Bauteile ändern ihre Eigenschaften, wenn sich ihre Temperatur ändert. Der Transistor T1 beispielsweise läßt, wenn er heiß wird, immer mehr Strom durch. Von dem Strom durch den Widerstand R1 bleibt dann für die Basis von T2 immer weniger übrig, so daß die Leuchtdiode immer dunkler wird. „





(49) Inzwischen – es sind ein bis zwei Minuten vergangen – hat sich T1 wieder abgekühlt, und die Leuchtdiode wird auch wieder heller.
„Man sieht daran“, erläutert Düsentrieb, „daß der Transistor nicht beschädigt ist, sondern sich nach Abkühlung wieder ‚erholt‘.“
„Dann kann man die ‚Erholung‘ doch sicher auch etwas beschleunigen“, kommt da Andy eine neue Versuchsidee.

(50) Andy erhitzt den Transistor T1 sehr vorsichtig mit dem Fön. Sobald die Leuchtdiode fast verloschen ist, nimmt er den Fön weg und pustet den Transistor zur Kühlung an.
„Und was wäre, wenn ich ein Streichholz an den Transistor halten würde?“ meint Andy verschmitzt.

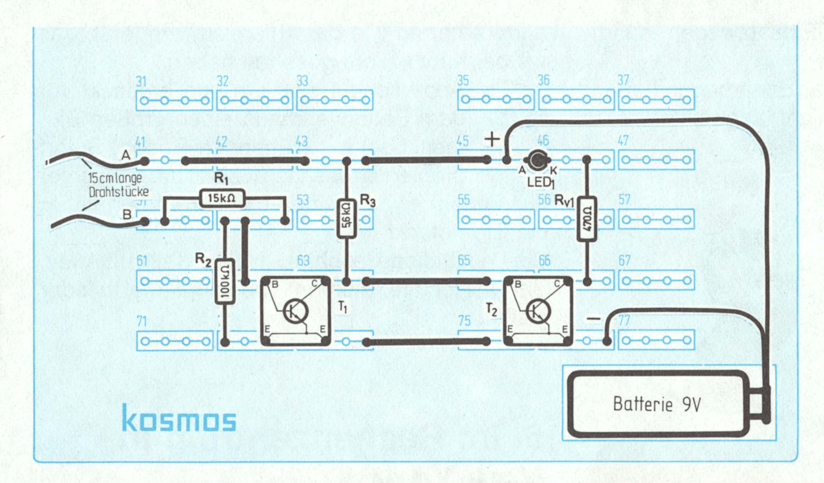
„Um Gottes Willen!“ fährt da Brandinger dazwischen, „dann wäre alles kaputt. Zuviel Hitze schädigt die Bauteile so, daß sie sich nicht mehr erholen können!“

Scheibenwasserprüfanlage

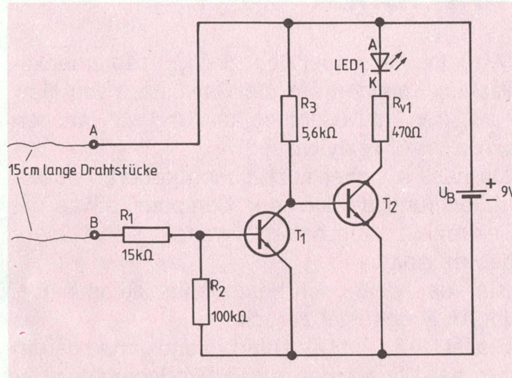
In diesem Augenblick kommt ein Feuerwehrmann wutschnaubend auf die drei zu. „Verdammt, Chef“, flucht er, „jetzt ist es wieder mal passiert: von dem Staub hier in der Stadt ist die Windschutzscheibe unseres Einsatzwagens fast blind, und natürlich ist der Behälter des Waschwassers leer, und keiner hat's gemerkt!“
„Dem Manne kann geholfen werden“, zitiert Düsentrieb tiefsinnig. „Was er braucht, ist eine elektronische Überwachungsanlage: Geht das Waschwasser zur Neige, so wird dies vollautomatisch angezeigt.“

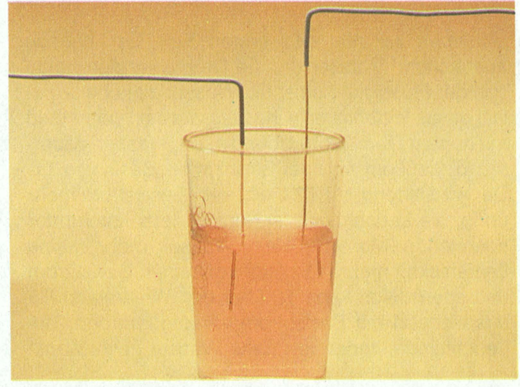
(51) Und schon baut Düsentrieb eine Schaltung auf, wie sie in derAbbildung dargestellt ist.

„Die Signalleuchte leuchtet ja schon, euer Wasser ist wohl alle!“ lacht Andy vorlaut. Düsentrieb wirft ihm einen mißbilligenden Blick zu. „Logisch, daß die Leuchtdiode brennt, zwischen den beiden Anschlußdrähten A und B ist ja alles knochentrocken. Aber Du kannst zunächst einmal testen, ob die Anlage überhaupt funktioniert.“
Düsentrieb bittet Andy, die beiden blanken Enden der langen Drähte zusammenzuhalten. Sofort geht die Leuchtdiode aus. „Siehst Du“, bemerkt Düsentrieb befriedigt, „und jetzt hol mal ein Glas Wasser.“

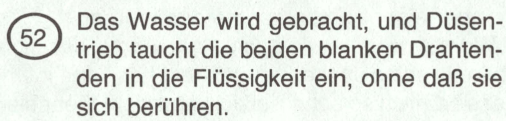








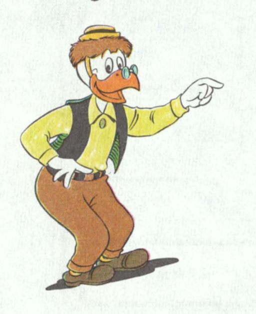
Warnung bei Wassermangel



(52) Das Wasser wird gebracht, und Düsentrieb taucht die beiden blanken Drahtenden in die Flüssigkeit ein, ohne daß sie sich berühren.

„Jetzt wird's wohl klar“, doziert Düsentrieb, „solange sich die Drähte im Wasser befinden – oder sagen wir besser: solange Wasser im Glas ist – bleibt die Leuchtdiode dunkel. Sinkt der Wasserspiegel so tief ab, daß die Drähte nicht mehr ins Wasser tauchen, so leuchtet sie auf.“
„Donnerwetter, Chef“, stößt der Feuerwehrmann hervor, „mit dieser raffinierten Elektronik

sollten wir alle unsere Einsatzwagen ausrüsten!"
Andy möchte noch ein paar Erklärungen haben, und Düsentrieb läß sich nicht lange bitten.



Daniel Düsentrieb erklärt:

„Nehmen wir mal den ersten Fall: Es ist noch ausreichend Wasser da, die Drähte werden beide von der Flüssigkeit umspült. Wasser ist ja bekanntlich etwas leitfähig, es wirkt also wie ein Widerstand mit hohem Ohm-Wert. Über diesen ‚Wasser-Widerstand' fließt ein winziger Strom in die Basis von T1. Der wird leitend, für T2 bleibt kein Basisstrom mehr übrig, die Leuchtdiode ist dunkel. Jetzt kommt der spannende Moment: Kein Wasser mehr, keine Leitfähigkeit mehr. T1 bekommt keinen Basisstrom und sperrt. Nun kann T2 über den Widerstand R3 ausreichend mit Basisstrom versorgt werden. Die Leuchtdiode signalisiert: Bitte Wasser nachfüllen!"

Pflanzen-Kontrollgerät

„Da fällt mir noch was ein", bemerkt Andy. „Dann kann man diese Schaltung ja auch als Blumenwächter verwenden! Der funktioniert dann genau anders herum wie das Pflanzenwarngerät, das wir bei Käpt'n Tom gesehen haben."



Andy schaut sich um und entdeckt vor dem Feuerwehrhaus einen großen Blumenkübel mit blühenden Rosen. Sofort probiert er das Gerät als Blumenwächter aus, indem er die beiden blanken Enden tief in die Erde steckt.
Die Leuchtdiode leuchtet. „He, Ihr da!" ruft Andy. „Ihr solltet die Blumen unbedingt mal wieder gießen!"



5. Im Rechenzentrum in New York

„Wir jetten jetzt quer über den ganzen amerikanischen Kontinent an die Ostküste, nach New York", kündigt Düsentrieb an. „Und was machen wir da?" will Andy wissen.
„Du hast ja sicher auch schon gehört, daß die großen (und die kleinen) Computer etwas mit Elektronik zu tun haben", wendet sich Düsentrieb an Andy.
„Klar, das weiß doch heute jedes kleine Kind", gibt Andy entrüstet zurück.
„Siehst Du", sagt Düsentrieb, „und genau darum geht es. Wir werden einen Großcomputer besichtigen und uns etwas über sein Innenleben erzählen lassen – und selbstverständlich auch wieder eigene Experimente durchführen."
„Worauf warten wir noch", ruft Andy, der sich bereits seine Jacke übergestreift hat, „das interessiert mich so sehr, daß ich jetzt nicht mehr hier rumhocken will."



Düsentrieb muß nur noch schnell seinen Bereitschaftskoffer holen, und schon geht's ab. -
In wenigen Stunden hat das Flugzeug unsere beiden nach New York gebracht. Düsentriebs Freund heißt Smith, mit einem Taxi sind sie schnell bei seinem Haus.
Düsentrieb drückt auf einen der beiden Klingelknöpfe. Von drinnen hört man einen tiefen Ton.
„Au", bemerkt Düsentrieb, „jetzt habe ich aus Versehen bei ‚Smith Labor' geklingelt statt bei ‚Smith Wohnung'." Er drückt auf den anderen Knopf; diesmal hört man einen hohen Ton.



Und richtig, jetzt erscheint er in der Tür, der Hausherr. „Hallo, Düsentrieb, was führt Dich hier her?"

Trickreich: die intelligente Türklingel

„Ihr wundert Euch sicher über meine ‚Zweiton-Klingel'. Das ist ganz einfach", sagt Smith, „abends möchte ich manchmal meine Ruhe haben. Wenn dann der tiefe Ton ertönt, dann weiß ich, daß das ein Laborbesucher ist. Dann mache ich die Tür gar nicht erst auf. Klingelt's aber mit dem hohen Ton, dann sind's meist liebe Gäste: so wie Ihr. Das Raffinierte aber ist: ich habe nicht etwa zwei Klingeln, sondern eine einzige elektronische Schaltung mit zwei Tastern."

„Und wie funktioniert der Spaß?" beharrt Andy auf einer genauen Erklärung. „Komm, Düsentrieb", stößt Smith seinen Freund an, „gib mir mal Deinen unerschöpflichen Koffer mit den Bauteilen. Ich werde schon das Richtige für diesen Aufbau finden."

Und Smith baut die intelligente Türklingel genauso auf, wie es aus derAbbildung hervorgeht.

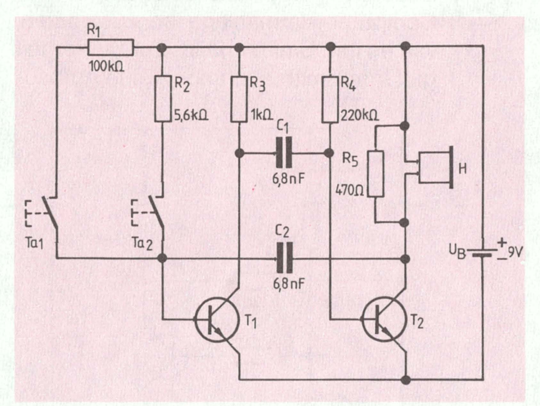
„Sieh da, sieh da", freut sich Andy, „und die beiden Taster entsprechen wohl den beiden Klingelknöpfen." „Du hast's erfaßt", bestätigt Smith mit einem Kopfnicken.

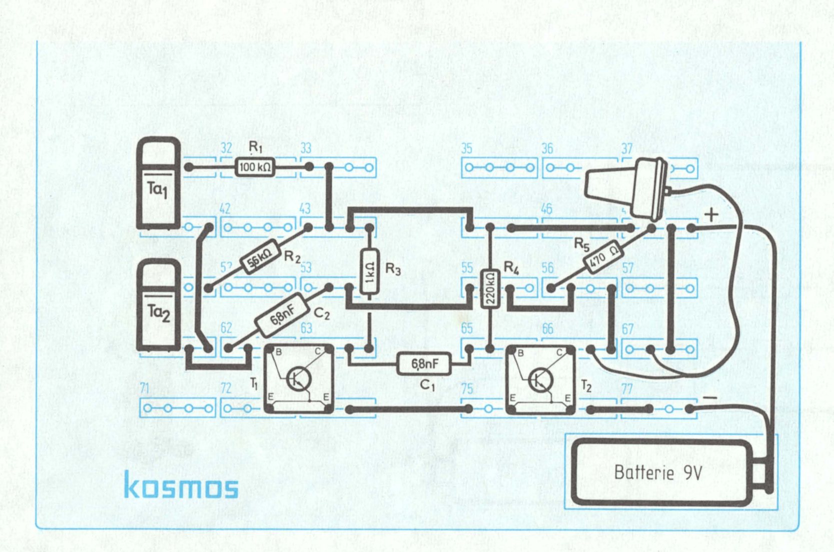
„Du solltest die Schaltung einfach ausprobieren", fordert Smith Andy auf.

(54) Andy drückt den Taster Ta1, also den ersten Taster.

Wie erwartet, erklingt der tiefe Ton. „Funktioniert auch der andere Taster?" will Andy wissen. „Probieren geht über studieren", ermutigt ihn Smith.

(55) Jetzt betätigt Andy den Taster Ta2, den zweiten Taster.





Daniel Düsentrieb erklärt:

„Verantwortlich für die Tonhöhe sind einerseits Kondensator C1 und Widerstand R4 und andererseits Kondensator C2 und einer der beiden Widerstände R1 oder R2. Un nun wird's schon klar: Taster 1 schaltet R1 mit 100kΩ ein; das ergibt einen tiefen Ton. Taster 2 schließt die Verbindung zu dem wesentlich kleineren Widerstand R2 mit 5,6kΩ; es wird ein hoher Ton erzeugt."

(56) Spaßeshalber drückt Andy zum Schluß beide Taster gleichzeitig. Der Ton wird ganz geringfügig höher, da nun R1 und R2 parallelgeschaltet sind, so daß sich insgesamt also ein kleinerer Widerstand ergibt.



Computer-Alarmanlage

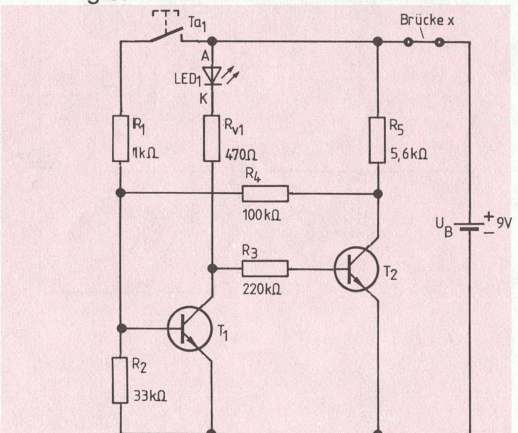
Im Auto, das sie am nächsten Morgen ins Rechenzentrum bringt, erzählt Smith: „Ich habe eine kleine Alarmanlage für unsere Computerräume gebaut. Die EDV-Anlagen sind ja äußerst teuer und wertvoll. Außerdem müssen wir aufpassen, daß die Daten, die wir in den großen Rechnern speichern, nicht in unrechte Hände fallen."

„Alarmanlage? Das klingt interessant", schaltet sich Düsentrieb in das Gespräch ein.

„Das Beste wird sein, ich erkläre das jetzt nicht mit großen Worten", meint Smith, „sondern ich beschreibe Dir ganz kurz den Aufbau, und Du bastelst ihn aus Deinem Koffer nach."

„Einverstanden", murmelt Düsentrieb und fingert Bauteile und Steckplatte aus seiner Tasche.

(57) Düsentrieb steckt die Schaltung für die Computer-Alarmanlage so zusammen, wie es ihm Smith erklärt. Zur Sicherheit gibt ihm Smith auch noch eine Aufbauskizze, die genauso aussieht wie hier auf der Abbildung.



„Du hast ja die Batterie noch gar nicht angeschlossen", fällt es Andy auf. „Das ist ja der Trick der Sache", erklärt ihm Düsentrieb, „erst wenn ich das mache, wird die Alarmanlage automatisch ‚scharf', also bereit, uns unliebsame Eindringlinge anzukündigen."

„Und wie wird der Alarm ausgelöst?" Andy begreift noch immer nicht.

„Meine Güte, das ist doch sonnenklar!" ruft Smith aus. „An der Tür zum Computerraum haben wir einen Kontakt angebracht: Wird die Tür auch nur eine Handbreit geöffnet, so schließt der Kontakt, und die Elektronik spricht an: Im Büro der Wachmannschaft leuchtet dann eine Leuchtdiode auf, die Leute sind alarmiert und können den nichtsahnenden Einbrecher dingfest machen."

„Ein erfahrener Einbrecher wird aber sofort den Türkontakt entdecken und die Tür wieder schließen", wendet Andy ein.

„Aber das ist ja gerade der Supertrick meiner elektronischen Schaltung: Türzumachen nützt nichts! Ein einmal ausgelöster Alarm kann nur an dem elektronischen Gerät selbst abgeschaltet werden. Und das steht natürlich in der Wachstube."

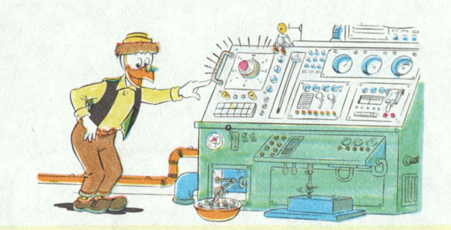


(58) "Sieh mal, statt des Türkontaktes haben wir zum Ausprobieren einen Taster eingebaut. Wenn Du den herunterdrückst, dann geht die Leuchtdiode an. Alarm ist also ausgelöst. Und Du kannst jetzt den Taster wieder loslassen oder nochmal drücken... Erst wenn man die Drahtbrücke x herauszieht, wird der Alarm abgeschaltet.

kosmos

Türklingel mit Gedächtnis

„Bei mir zuhause", erzählt Düsentrieb, „habe ich eine ganz ähnliche Anlage. Sie ist aber nicht mit der Tür verbunden, sondern wirklich mit dem Klingelknopf"
„Welchen Sinn hat sie denn dann?" möchte Andy wissen.
„Ich erkenne dann gleich", erläutert Düsentrieb, „ob bei mir jemand geklingelt hat. Leuchtet die Diode, dann war es der Fall. Ich schaue dann in den Briefkasten, ob der Gast mir eine Nachricht hinterlassen hat." -
New York ist eine große Stadt, und so hat Düsentrieb genügend Zeit noch während der Fahrt die Funktionsweise der Alarmanlagen- und Gedächtnisklingel-Schaltungen zu erklären.



Inzwischen haben die drei Freunde das Rechenzentrum erreicht; Andy ist besonders gespannt, was sie dort erwartet.

Computerlogik

Nach der üblichen Kontrolle am Eingang betreten Smith, Düsentrieb und Andy das riesige Gebäude, in dem die Computer untergebracht sind.
„Das Erstaunlichste an diesen Maschinen ist eigentlich", bemerkt Smith, „daß sie, genau betrachtet, ziemlich doof sind."
„Und das sagst Du als Computerfachmann?" wundert sich Düsentrieb. „Sicher", begründet Smith seine Aussage, „der Computer kann immer nur das verarbeiten, was man ihm eingibt, nämlich die Daten. Und selbst wie er es verarbeiten soll, muß man ihm durch ein Programm vorschreiben."

„Aber immerhin", meint Düsentrieb dazu, „arbeiten sie ganz fürchterlich schnell."
„Da hast Du allerdings recht", gibt Smith zu. „Da sind sie uns Menschen wirklich überlegen."
„Erfreulich ist", hakt da Düsentrieb ein, „daß die Logik, also die Regeln, nach denen solche Computer arbeiten, eigentlich ganz einfach sind."



Daniel Düsentrieb erklärt:

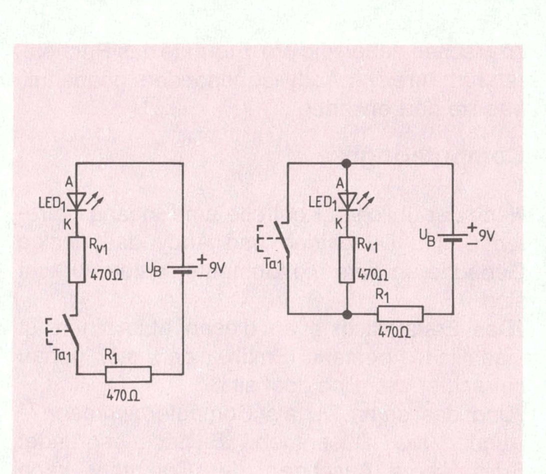
„Die hier verwendete Schaltung hat den lustigen Namen Flipflop: Die Leuchtdiode kann nämlich angehen – flip! – und dann brennenbleiben und auf Wunsch elektronisch wieder ausgeschaltet werden – flop! – und abgeschaltet bleiben. Also, Ihr seht, daß diese Schaltung zwei ‚stabile Zustände' hat – Leuchtdiode brennt oder Leuchtdiode brennt nicht – die sich niemals von alleine, sondern nur durch äußere Einwirkung verändern. Eine solche Schaltung nennt der Fachmann auch bistabile Stufe (dabei bedeutet bi = zwei).
Die Funktionsweise ist einfach zu verstehen, wenn man sich klarmacht, daß hier stets derjenige Transistor, der leitend ist, den anderen zwingt zu sperren. Also: leitet z.B. der Transistor T1, so erhält T2 keinen Basisstrom, weil der gesamte Strom, der durch Rv fließt, in den Transistor T1 hineingeht und für die Basis von T2 nichts mehr übrig ist. Leitet aber T2, so erhält T1 keinen Basisstrom, weil ihm T2 alles wegnimmt.
Das Flipflop hat als Speicherelement in Computern eine herausragende Bedeutung gewonnen."

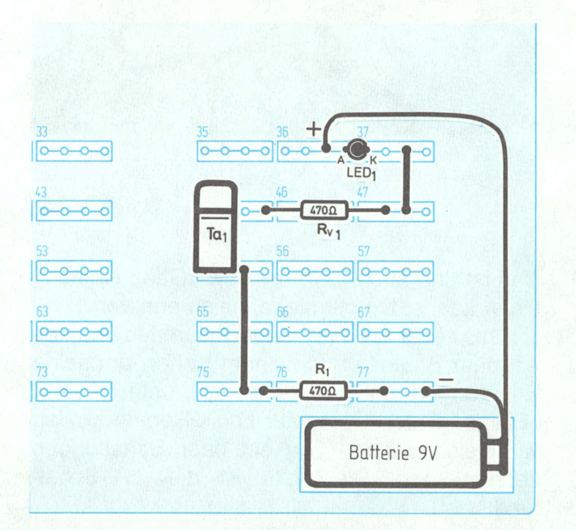
Das ist das Stichwort für Andy: „Ganz einfach? Dann kannst Du mir sie ja gleich erklären."
„Nichts lieber als das", sagt Düsentrieb und holt ein paar Bauteile aus seinem Koffer, um seine Erklärungen mit Versuchen zu untermauern. „Einige dieser Computer-Logik-Regeln wollen wir gleich anhand von ein paar Schaltungen kennenlernen. Die erste ist die ‚JA'-Schaltung."

Die JA-Schaltung

(59) Düsentrieb baut die Schaltung so auf wie abgebildet. „Das ist schon das erste Prinzip", erklärt Smith, „drückt man auf den Taster Ta, so leuchtet die Leuchtdiode, drückt man nicht, leuchtet auch nichts."
„Laß mich das mal andersherum versuchen", versucht Andy sich diese Schaltung klarzumachen. „Die Logik geht doch so: Wenn es regnet, werde ich naß. Oder allgemein: ist eine bestimmte Voraussetzung erfüllt, dann tritt ein bestimmtes Ereignis ein."

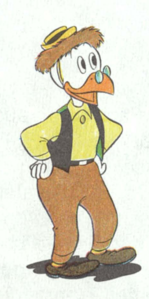
„Ganz prima, Andy", lobt Smith, „Du bist auf dem richtigen Weg. Wir können gleich zur nächsten Schaltung kommen. Ihr Prinzip lautet: wenn die Sonne scheint, werde ich nicht naß. Das nennt man eine ‚NEIN'-Schaltung."

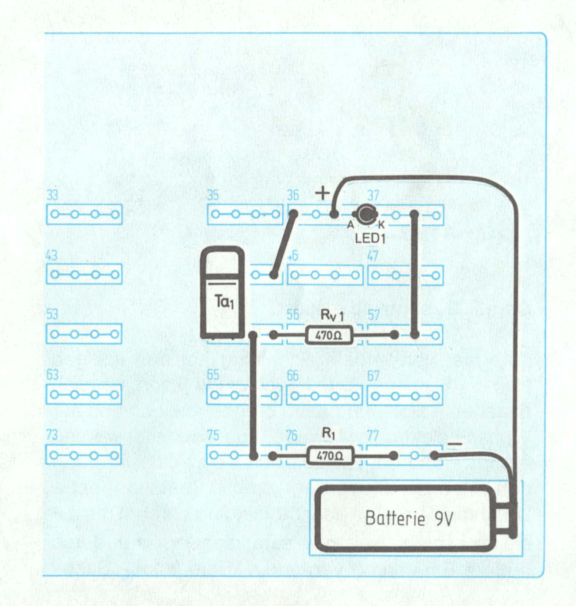




Die NEIN-Schaltung

(60) Und Smith baut die „NEIN"-Schaltung so auf, wie die Abbildung zeigt. Andy testet gleich: Drückt man auf den Taster, brennt die Leuchtdiode nicht, bedient man den Taster nicht, so leuchtet die Diode. Und Düsentrieb erläutert: „Die logische Verknüpfung heißt also hier: Passiert das eine, so tritt das andere nicht ein."
Andy drängelt: „Gut, das habe ich jetzt verstanden; ich möchte auch die nächste Schaltung sehen."
„Kannst Du haben", sagt Smith.





Die UND-Schaltung

(61) Er baut die UND-Schaltung so auf wie abgebildet.

„Die Logik ist die“, erläutert Smith, „es passiert nur dann etwas, wenn beide Taster, Ta1 und Ta2, bedient werden. Alle anderen Kombinationen führen nicht dazu, daß die Diode leuchtet.“

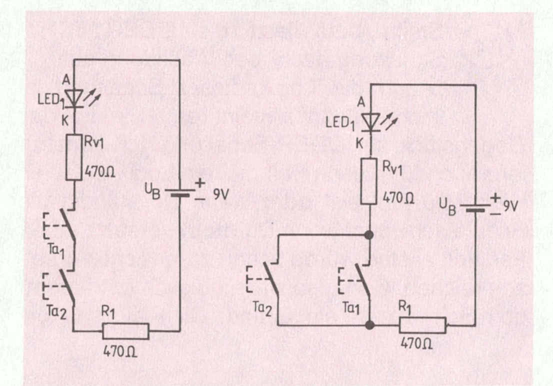
„Sehe ich das richtig“, vergewissert sich Andy, „die Logik ist doch dieselbe, wie wenn ich sage: Wenn es regnet **und** ich bin draußen, werde ich naß.“

„Ja“, bestätigt Düsentrieb, „zwei Voraussetzungen müssen erfüllt sein, daß eine bestimmte Sache eintritt.“

„Bisher war's wirklich noch einfach“, freut sich Andy. „Geht's so weiter?“

„Die vierte logische Verknüpfung, die im Computer eine Rolle spielt, ist die ODER-Schaltung“, erklärt Smith.







Die ODER-Schaltung

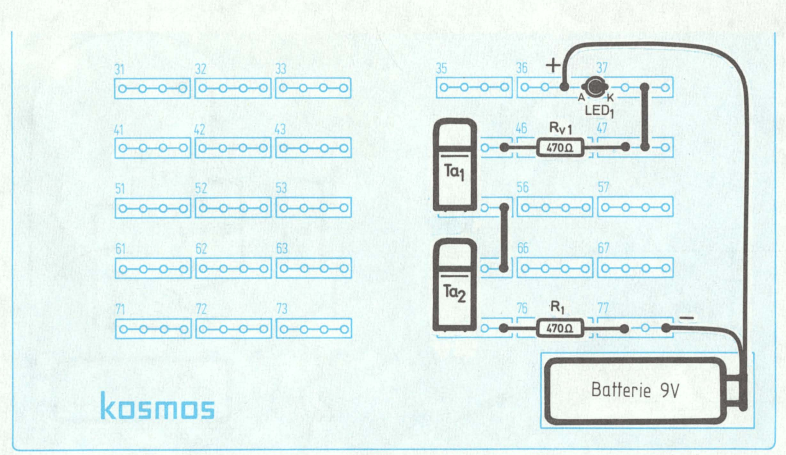
(62) Er baut diese Schaltung auch gleich auf und zwar so, wie in derAbbildung dargestellt.

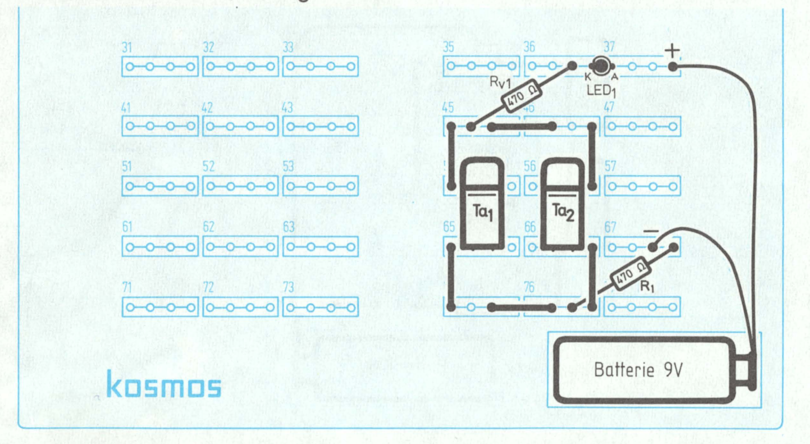
„Ich glaube, ich hab's“, denkt Andy laut nach, „wenn entweder der erste Taster Ta1 **oder** der zweite Taster Ta2 gedrückt wird, dann geht die Leuchtdiode an.“

„Und auch, wenn man beide Taster bedient, leuchtet die Anzeige“, ergänzt Düsentrieb.

„Darf ich nochmal bei meinem Regenwetter-Bild bleiben?“ fragt Andy. „Da kann ich überprüfen, ob ich's richtig begriffen habe. Also: wenn ich entweder im Regen **oder** unter der eingeschalteten Dusche stehe – natürlich auch wenn die eingeschaltete Dusche im Regen steht – werde ich naß.“

„So ist's“, bestätigt Smith. „Allgemein gesagt: trifft entweder die eine **oder** die andere (oder alle beide) Voraussetzung zu, dann ergibt sich ein Ergebnis.“





Die UND/NICHT-Schaltung



Düsentrieb baut die fünfte Schaltung, die UND/NICHT-Schaltung so auf, wie es hier zu sehen ist.

„Und was kann diese Schaltung?“ will Andy wissen.

„Sie ist das Gegenteil der UND-Schaltung“, erklärt Smith. „Laß mich mal ein neues Beispiel erfinden: Wenn Du faul bist, **und** der Lehrer ist wachsam, so wirst Du **nicht** versetzt. Beide Bedingungen müssen erfüllt sein, damit das Nicht-Versetzen eintrifft. Denn: Faulheit allein reicht nicht aus, wenn der Lehrer nicht wachsam genug ist, es zu bemerken. Ist der Lehrer aber wachsam, Du hingegen nicht faul, wird er keinen Grund für das Nicht-Versetzen finden.“

„Dann“, meint Andy, „geht die Leuchtdiode nur dann aus, wenn beide Taster, Ta1 **und** Ta2, gedrückt sind. In allen anderen Fällen hat sie zu leuchten.“

„Genau“, stimmt Smith zu.

„Soll ich Dir jetzt noch die 6. Logik-Schaltung zeigen?“

Die ODER/NICHT-Schaltung



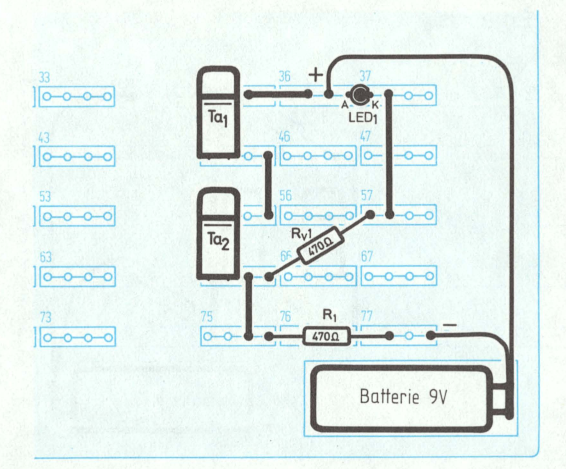
Smith baut jetzt die ODER/NICHT-Schaltung nach der Abbildung auf.

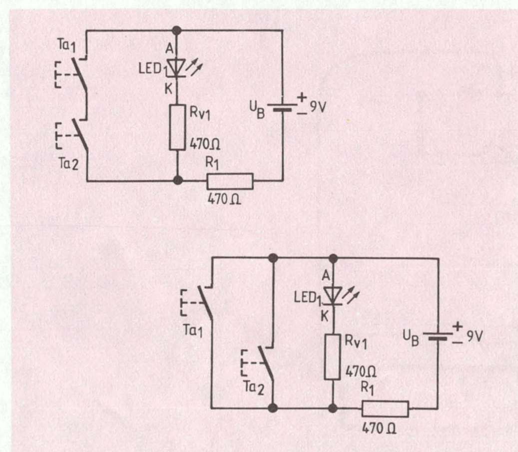
„Auch die Logik dieser Schaltung ist leicht erklärt“, meint er. „Sie ist das Gegenstück zur ODER-Schaltung. Ich konstruiere auch für diesen Fall mal ein Logik-Beispiel: Wenn Du faul bist **oder** wenn Du ständig die Schule schwänzt, wirst Du **nicht** versetzt. Aber: Faulheit alleine würde schon zum Nicht-Versetzen reichen. Genauso wäre lediglich fortdauerndes Schwänzen ein Grund, Dich nicht in die nächste Klasse aufzunehmen. Also: Das Drükken eines Tasters reicht, damit in der Schaltung Dein Licht ausgeht.“

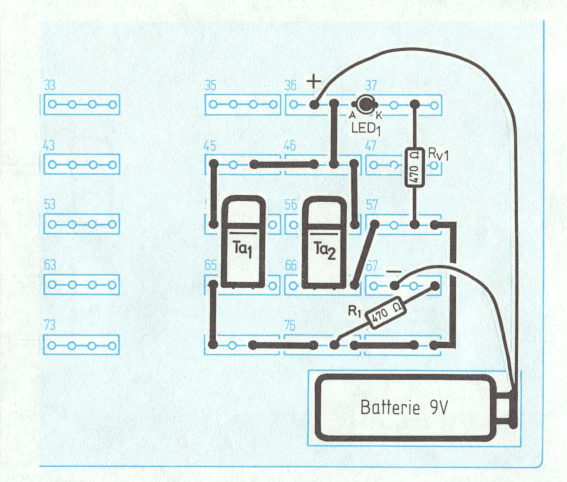
„Da fällt mir eben noch was ein“, greift sich Düsentrieb an den Kopf, „für Leute, die sich ganz speziell für Computer interessieren, hat KOSMOS auch einen Experimentier- und Lerncomputer herausgebracht. Da werden dann die Grundlagen der Computertechnik erläutert und mit vielen praktischen Beispielen und interessanten Programmen durchgespielt.“

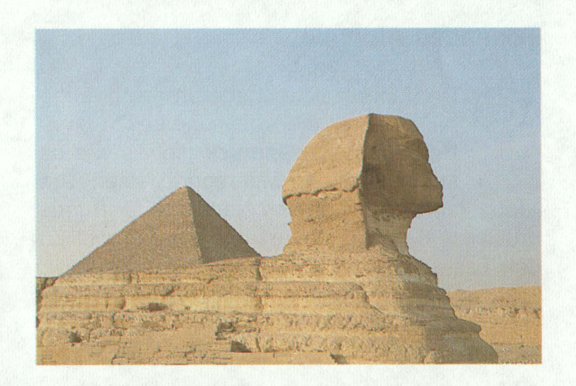
Und Smith fügt noch an: „Dieses Gerät – es heißt übrigens ‚KOSMOS Computer-Praxis' – verwenden wir auch in der Ausbildung unserer Nachwuchs-Computerleute. Man kann sich das Gerät im Spielwarenhandel ansehen und ausprobieren.“

„Das werde ich mir auch mal zu Gemüte führen!“ verspricht Andy.









6. Die Reise nach Ägypten

Düsentrieb hat einen geheimnisvollen Anruf von seinem Freund, dem Archäologen Buddel, aus Ägypten erhalten. „Was ist ein Archäologe?" will Andy wissen. „Das ist jemand, der nach Überresten längst vergangener Zeiten sucht und in der Erde danach buddelt. Der alte Buddel hat ein Problem... ich brauche etwas Zeit dazu... weißt Du was, wir fahren mit einem Schiff nach Ägypten, da dauert die Reise etwas länger, und ich habe Muße zum Nachdenken."

„Bei Neptun und allen Geistern der sieben Weltmeere! Ihr Landratten werdet Euch wundern, was es auf diesem verdammten Eimer alles an Elektronik gibt", lacht der Erste Steuermann, als sie an Bord kommen. „Was meint er mit ‚Eimer'?" flüstert Andy. „Das bedeutet in der Seemannsprache soviel wie ‚großes Schiff'", gibt Düsentrieb zurück.

Und wirklich, vom Radar zum Echolot, vom Leitstandpult zur Navigationshilfe, vom Schiffssprechfunk zum Schiffs-Telegrafie-Sender, überall gibt es auf dem großen Schiff modernste Elektronik. Auf der Kommandobrücke sehen sie sich einer unübersehbaren Vielzahl von Schaltern, Knöpfen und Anzeigelampen gegenüber. Verwirrt zeigt Andy auf irgendeinen Taster: „Was passiert, wenn ich hier draufdrücke?" „Der", lacht der Kapitän, „ist für das Nebelhorn. Aber es ist gerade glasklare Sicht. Also laß Dir mal von Düsentrieb ein elektronisches Nebelhorn bauen." Begeistert nimmt Düsentrieb sofort den Vorschlag auf.

Das Nebelhorn



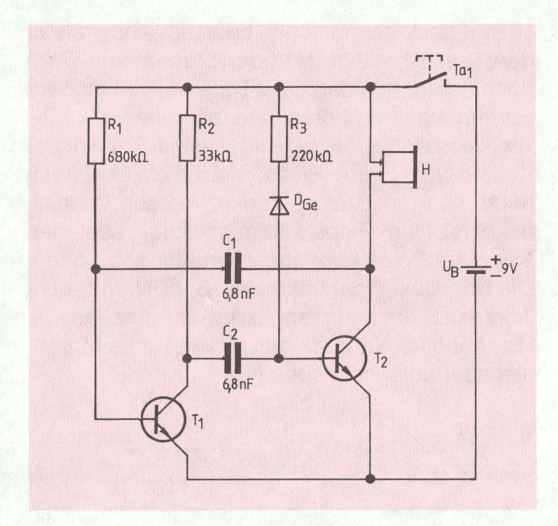
Er baut einen Tongenerator auf, der nebelhornartige Geräusche erzeugt. Wie das Gerät aussieht, zeigt die Abbildung.

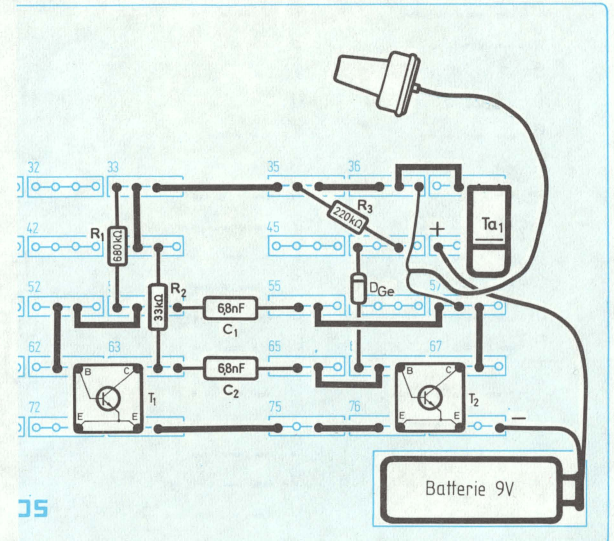
Die Germaniumdiode D_{Ge}



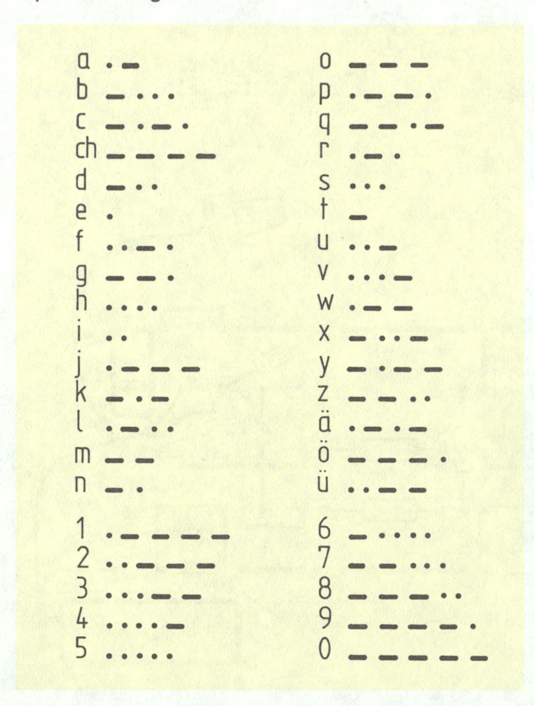
Aufbaudarstellung Schaltzeichen

Auf Einbaurichtung achten!





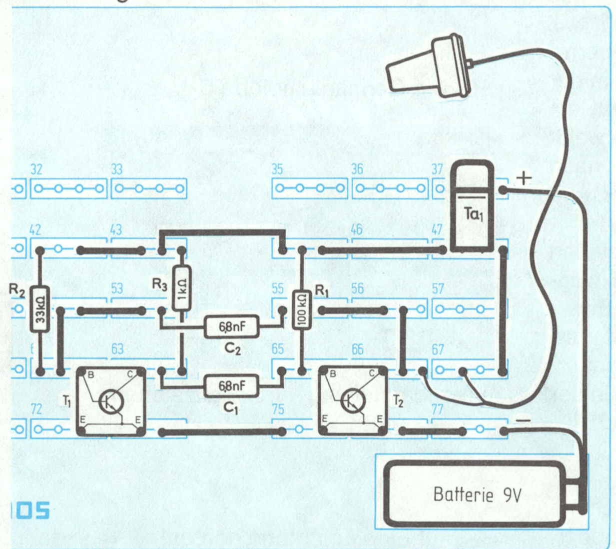
„Klingt ganz schön echt", bestätigt Andy, als er den Taster betätigt. Und der Steuermann weist noch darauf hin, daß tiefe Töne auf viel größere Entfernungen zu hören sind als hohe.
Am liebsten verbringt Andy seine Zeit in der Kabine von Herrn Pieps, dem Funker. „Auch heute noch muß jeder Funker morsen lernen", berichtet Herr Pieps. „Morsezeichen bestehen aus einer Folge von kurzen und langen Tönen. Der in aller Welt bekannte SOS-Notruf geht ‚kurz-kurz-kurz/lang-lang-lang/kurz-kurz-kurz'. Hier habe ich für Euch mal das gesamte Morsealphabet aufgeschrieben:



a	·–	o	–––
b	–···	p	·––·
c	–·–·	q	––·–
ch	––––	r	·–·
d	–··	s	···
e	·	t	–
f	··–·	u	··–
g	––·	v	···–
h	····	w	·––
i	··	x	–··–
j	·–––	y	–·––
k	–·–	z	––··
l	·–··	ä	·–·–
m	––	ö	–––·
n	–·	ü	··––
1	·––––	6	–····
2	··–––	7	––···
3	···––	8	–––··
4	····–	9	––––·
5	·····	0	–––––

Fragezeichen	··––··
Punkt	·–·–·–
Komma	––··––
Spruchanfang	–·–·–
Spruchende	·–·–·
Klammer auf	–·––·–
Klammer zu	–·––·–
Bruchstrich	–··–·
Bindestrich	–····–
Doppelstrich	–···–
Warten	·–···
Verstanden	·–·
Kommen	–·–
Irrung	········

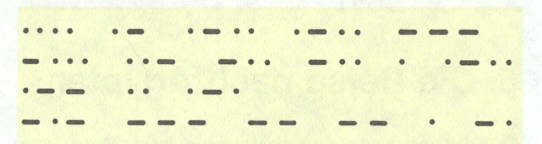
„Andy soll auch mal ein bißchen Morsen üben", entscheidet Düsentrieb. „Wir bauen einen Morsezeichengenerator."

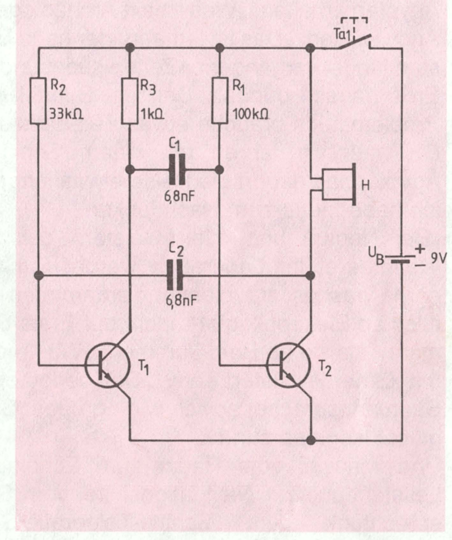


Tönendes Alphabet

(66) Der Morsezeichengenerator wird aufgebaut, wie es die Abbildung zeigt.
Bei jedem Tastendruck gibt es wie bei einem richtigen Morsegerät einen Ton.
„Jetzt kannst Du mal eine Nachricht für Buddel rauslassen", bittet Düsentrieb. „Drück mal auf den Taster ‚Hallo Buddel, wir kommen'."

(67) Andy probiert das Morsealphabet aus und sendet an Buddel:



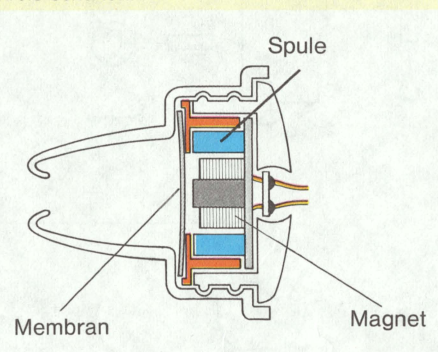


„Daß ein elektrischer Strom Töne erzeugen kann, ist doch eigentlich eine merkwürdige Sache“, grübelt Andy, nachdem er seine Morse-Fähigkeiten unter Beweis gestellt hat. „Nein, gar nicht“, erwidert Düsentrieb, „man muß nur einmal überlegen, was da elektrisch eigentlich passiert; dann ist es ganz einfach“.

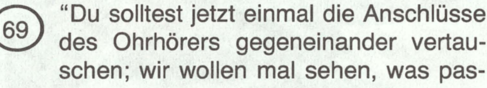


Daniel Düsentrieb erklärt:

„Wir betrachten zunächst einmal den Ohrhörer. Der hat in seinem Innern einen kleinen topfartigen Magneten, eine winzige Spule und ein Plättchen, das man Membran nennt (siehe Abbildung). Die Membran sitzt auf dem Magneten wie ein Deckel auf einem Topf und wird durch die Magnetkraft festgehalten. Wir wollen jetzt mal ausprobieren, was passiert, wenn wir die Ohrhörer-Spule in einen Stromkreis schalten.“

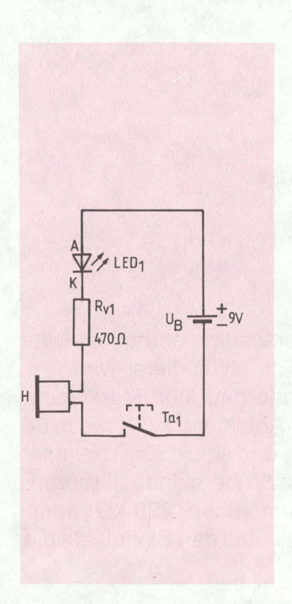


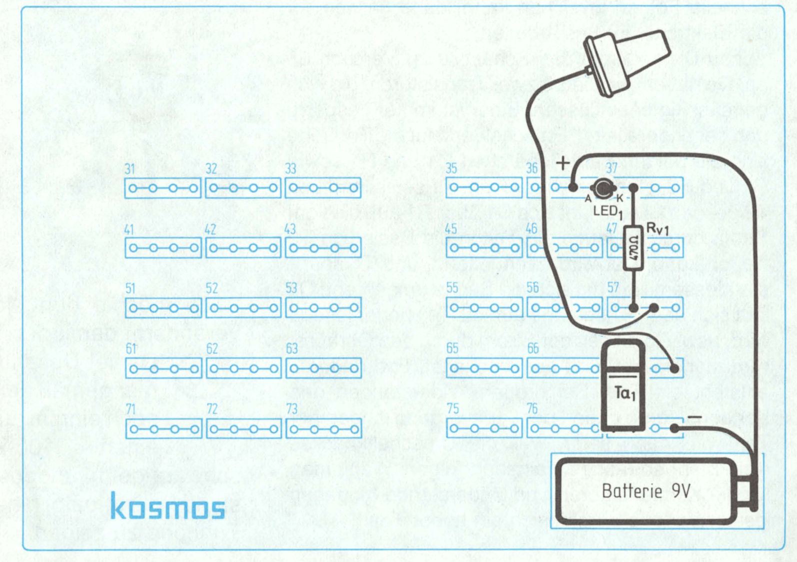
(68) Düsentrieb baut einen Stromkreis mit dem Ohrhörer auf; zusätzlich fügt er noch eine Leuchtdiode als „Anzeigeelement“ ein, damit man auch sehen kann, wenn ein Strom fließt.
Andy drückt den Taster: die Leuchtdiode geht an, und im Ohrhörer ist ein verdächtiges Knakken vernehmbar. Er läßt den Taster wieder los, und wieder gibt es im Hörer ein Knackgeräusch.



(69) "Du solltest jetzt einmal die Anschlüsse des Ohrhörers gegeneinander vertauschen; wir wollen mal sehen, was passiert, wenn der Strom die Ohrhörer-Spule andersherum durchfließt.“

Andy zieht die Anschlüssen des Ohrhörers heraus und steckt sie vertauscht wieder in die Schaltung ein. Drücken und Loslassen des Tasters ergibt dieselben Knackgeräusche wie beim vorigen Versuch.





Daniel Düsentrieb erklärt:

„Wird die Ohrhörer-Spule von einem Strom durchflossen, so entwickelt sie Magnetismus. Beim Einschalten des Stromes wölbt sich die Membran daher blitzschnell nach innen oder außen – das hängt nur von der Richtung des Stromes ab. Beim Ausschalten schnellt sie dann wieder zurück. Und genau diese Membranbewegung ist es, die Du als Knackgeräusch empfindest.

Will man nun Töne erzeugen, so muß man dafür sorgen, daß Knackgeräusche sehr, sehr schnell aufeinanderfolgen – das empfindet das menschliche Ohr dann als Ton: und damit meine ich so etwa zwischen sechzehn und sechzehntausend Knackgeräusche pro Sekunde. Unser Morsegenerator erzeugt etwa 5000 ‚Knackse' pro Sekunde. Das ergibt bereits einen ziemlich hohen Ton. Es ist ganz ausgeschlossen, daß man mit dem Taster derartig schnelle Folgen erreichen kann, daher lassen wir die Elektronik für uns arbeiten.

Schau Dir nochmal das Schaltbild zu Versuch 66 an. Da haben wir wieder zwei Transistoren, die sich gegenseitig beeinflussen. Einer ist immer gesperrt, und der andere leitet. Entscheidend für die Tonhöhe sind die beiden Bauteilepärchen C1 und R1 sowie C2 und R2. Nehmen wir z.B. an, T1 sei leitend und T2 gesperrt. Dann lädt sich C1 über R1 auf, bis vom Strom durch R1 auch ein Teil in die Basis von T2 fließen kann. Der wird dann leitend, und T1 sperrt stattdessen. Nun hat sich die Sache umgedreht: C2 lädt sich über R1 solange auf, bis T1 wieder leitend wird, usw. Du siehst: der Strom durch den Ohrhörer wird ständig ein- und ausgeschaltet, und dadurch entsteht ein Ton. Bei großen Widerständen und Kondensatoren dauert der Ladevorgang länger, der Ton wird dann tiefer, weil die Umschaltknackse nicht mehr so rasch aufeinanderfolgen. Wählt man für die Kondensatoren und Widerstände hingegen kleine Werte, so ergibt sich ein hoher Ton."





Andy möchte den Morsesummer noch etwas verändern, damit der Ton etwas tiefer wird.

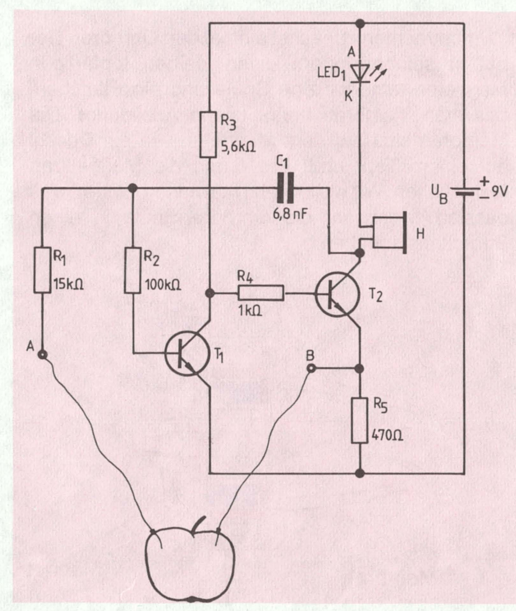
(70) Daniel Düsentrieb baut den Morsesummer gemäß der Abbildung zu Versuch 66 noch einmal auf und steckt für R1 einmal einen 100-kΩWiderstand (braun-schwarz-gelb) und dann einen 220-kΩWiderstand (rot-rot-gelb) hinein, um den Einfluß auf die Tonhöhe zu zeigen.

Welchen Ton erzeugt ein Apfel? Ein elektronisches Musikinstrument

Der Funker Pieps, der bislang recht schweigsam und verschlossen war, wird plötzlich munter. „Ich habe auch etwas erfunden", sagt er geheimnisvoll, „ein vollkommen verrücktes elektronisches Musikinstrument. Hier ist der Plan."

(71) Er baut sein „Musikinstrument" so auf, wie es in der Abbildung dargestellt ist und hält die beiden blanken Enden der langen Drähte A und B zusammen.

„Na ja, ein Ton ist hörbar", sagt Andy, der sich den Ohrhörer gegriffen hat, „aber unter Musik verstehe ich eigentlich etwas anderes."



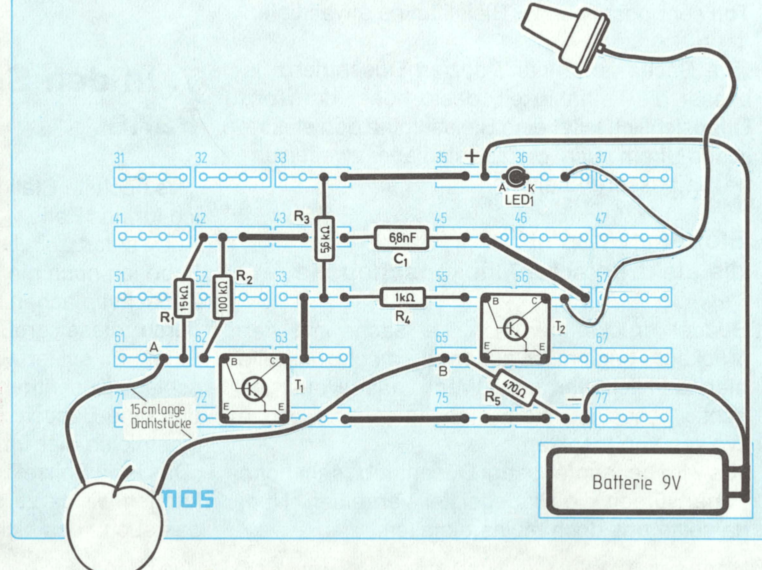
„Der Knüller kommt ja noch!“ ruft der Funker aus und holt einen Apfel aus seiner Frühstückstasche. „Der Apfel wird Musik machen!“
Düsentrieb und Andy sehen sich vielsagend an, aber Pieps führt ganz ernsthaft den nächsten Versuch vor.



Er sticht mit den blanken Drahtenden in den Apfel, mal tief, mal weniger tief.
„Das ist ja nicht zu fassen!“ staunt Andy. „Von der Tiefe des Einstichs hängt die Tonhöhe ab. Da kann man ja eine richtige Melodie erzeugen!“
„Die Erfindung von Herrn Pieps“, sagt Daniel Düsentrieb, „weicht von der üblichen Tongeneratorschaltung etwas ab. Er verwendet nur einen einzigen Kondensator. Und der wird über den Apfel und R1 aufgeladen und auch wieder entladen. Der Apfel wirkt hier wie ein Widerstand, den man verändern kann: Mit der Einstichtiefe ändert sich der Widerstand und damit die Tonhöhe.
Übrigens: Ist Euch aufgefallen, daß die Leuchtdioden so merkwürdig dunkel brennt? Nun, das liegt daran, daß sie zusammen mit dem Ohrhörer wahnsinnig schnell ein- und ausgeschaltet wird – so schnell, daß das Auge nicht einmal mehr ein Flimmern wahrnehmen kann.“

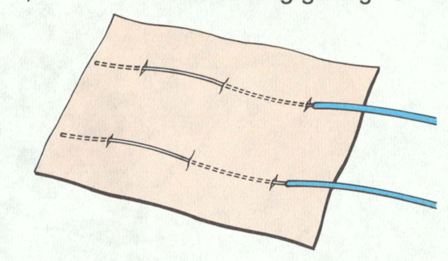
Der Versuch funktioniert am besten mit frischen Batterien!



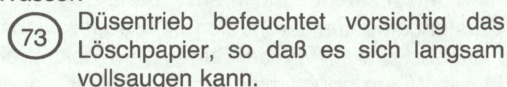


Pfeift bei Niederschlag: der akustische Regenmelder

Düsentrieb und Andy sind in Ägypten angekommen und sitzen nun bei ihrem Freund Buddel im Wüstencamp der Archäologen. Buddel wischt sich den Schweiß von der Stirn. „Die Trockenheit in der Wüste bringt mich um“, stöhnt er, „aber stellt Euch vor: kürzlich hat es endlich mal geregnet, und ausgerechnet da war ich bei der Untersuchung einer Kinderrassel aus der Pharaonenzeit eingeschlafen und habe nichts mitbekommen. Und dabei möchte ich mich so gern einmal wieder so richtig naßregnen lassen...“
„Was Du brauchst, ist ein elektronischer Regenmelder; der sieht genauso aus wie der Aufbau von Versuch 71.“
Düsentrieb baut einen elektronischen Regenmelder, der sieht genauso aus, wie hier abgebildet.
„Das ist doch die ‚Apfelschaltung‘ von unserem Funker Pieps“, flüstert Andy. „Das macht ja nichts“, gibt Düsentrieb ebenso leise zurück, „ein genialer Geist sieht eben immer wieder neue Anwendungsmöglichkeiten.“
Düsentrieb nimmt die losen Enden der Drähte A und B; er fädelt sie in einen Löschpapierstreifen so ein, wie es in der Abbildung gezeigt ist.



„Es tut sich rein gar nichts", meldet sich Andy, der in den Ohrhörer hineinlauscht. „Wie sollte es denn, es regnet ja nicht", sagt Düsentrieb. „Aber wir wollen mal so tun als ob... Hol mal ein Glas Wasser."



(73) Düsentrieb befeuchtet vorsichtig das Löschpapier, so daß es sich langsam vollsaugen kann.

„Es regnet!" ruft Andy begeistert. „Den lauten Ton kann man gar nicht überhören, das ist das richtige Gerät für Buddel!"
„Eigentlich hatte ich Euch wegen zwei anderer Probleme hergebeten: Die archäologischen Fundstücke und die Mücken."
„Fundstücke? Mücken?" fragen Düsentrieb und Andy wie aus einem Mund.

Widerstände werden hörbar: der Durchgangsprüfer

„Also, fangen wir mal bei dem Problem der Fundstücke an. Wenn man bei Grabungen etwas findet, ist es wichtig zu wissen, ob der betreffende Gegenstand aus Metall ist. Aber manchmal kann ich mich einfach nicht entscheiden."



„Aha", sagt Düsentrieb, „Du benötigst ein Gerät zum Nachweis der elektrischen Leitfähigkeit, denn bekanntlich leiten ja alle Metalle den elektrischen Strom. Wir werden wiederum die Schaltung aus Versuch 71 verwenden."

(74) Buddel hält die blanken Enden der Schaltung, die schon als Regenmelder und Musikinstrument gedient hat, an ein Stück Papier, dann an ein Stück Plastik und auch noch an ein Stück Holz.

„Aus dem Ohrhörer ist kein Ton zu vernehmen", erklärt Düsentrieb. „Wir können daraus schließen, daß diese Gegenstände den elektrischen Strom nicht leiten."

(75) Buddel nimmt nun eine Münze, einen Schlüssel und eine Bleistiftmine als Versuchsgegenstände.

Bei den Gegenständen aus Metall ist der Ton sehr hoch, bei der Bleistiftmine etwas tiefer.

„Die Sache ist ja klar", doziert Düsentrieb, „je besser die Leitfähigkeit, desto höher der Ton. Offensichtlich leitet eine Bleistiftmine den elektrischen Strom auch, Metalle sind aber zweifelsohne die besseren Leiter."

Stößt Insekten ab: die elektronische Mückenscheuche

Buddel druckst herum: „Die Sache mit den Mücken", beginnt er zögernd, „macht uns alle hier ziemlich verrückt. Wenn das Wetter so richtig schön ist, sieht man am Abend ganze Wolken von Insekten."
„Es wird behauptet", sagt Düsentrieb „sehr hohe Töne würden die Plagegeister vertreiben. Nun, da sollte uns doch etwas einfallen."

(76) Düsentrieb nimmt nochmals den Aufbau aus Versuch 71, zieht die Widerstände R3 mit 5,6kΩ (grün-blau-rot) und R1 mit 15kΩ (braun-grün-orange) heraus und setzt an die Stelle von R1 den 5,6kΩ-Widerstand und an die Stelle von R3 den 15kΩ-Widerstand ein. Außerdem verbindet er die beiden Punkte A und B durch eine Drahtbrücke.

„Ich höre jetzt wirklich einen sehr, sehr hohen Ton", berichtet Andy. „Damit sollte man die Mücken eigentlich wirksam verscheuchen können."
Buddel ist fassungslos: „Es ist doch unglaublich, was man mit der Elektronik alles anstellen kann. Allerdings -„ und dabei zwinkert er Düsentrieb zu, „etwas Fantasie braucht man manchmal schon dazu".

7. In den Sendestudios von Paris

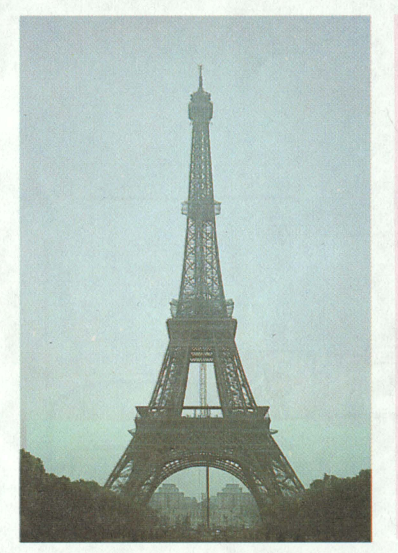
„Als nächste Station", erklärt Düsentrieb, „habe ich für uns Paris vorgesehen." „Ja, fein", stimmt Andy sofort zu. „Die Hauptstadt von Frankreich habe ich noch nie gesehen."
Zunächst machen sie eine kleine Stadtrundfahrt durch diese große und schöne Stadt. „Am Eiffelturm sollten wir aus dem Bus aussteigen", schlägt Düsentrieb vor. „Ich habe nämlich für uns eine Besuchserlaubnis für die Fernsehstudios gleich hier um die Ecke erhalten."
„Das ist ja Spitze!" Andy ist begeistert. „Und was kriegen wir da zu sehen?" „So genau weiß ich das auch noch nicht", gibt Düsentrieb zu, „aber

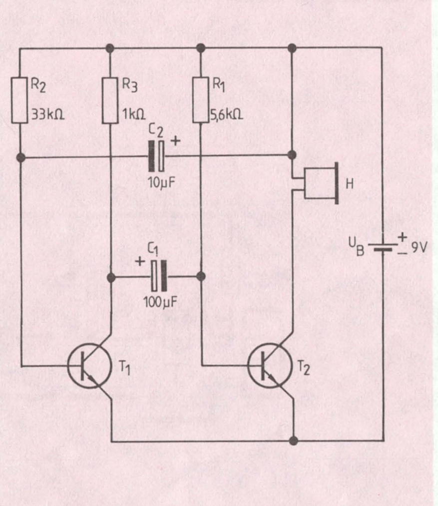
wir können uns ja überraschen lassen, was man uns zeigt."
Sie betreten das Studiogelände. „Wer wird uns denn hier führen?" fragt Andy. „Ganz alleine finden wir uns auf dem riesigen Areal nie und nimmer zurecht."
„Brauchen wir auch nicht", beruhigt Düsentrieb. „Auf der Ingenieurschule habe ich ja einige Elektronik-Fachleute kennengelernt. Und da war eine Kollegin dabei, die viel von ihrem Fach verstanden hat. Und die ist jetzt beim Fernsehen für die elektronischen Anlagen zuständig."
„Ist sie das?" tuschelt Andy, als sich ihnen eine Frau im weißen Kittel nähert. „Ja, das ist sie", antwortet Düsentrieb. „Hallo, Frau Kabel!" ruft er zu ihr rüber. „Hier sind wir!"
Die Freude ist riesengroß. „Mensch, Düsentrieb, wissen Sie noch..." So wird erst einmal durchgesprochen, was die anderen Mitschüler so machen.
„Genug gequatscht", unterbricht Frau Kabel nach einiger Zeit. „Ich muß wieder ins Studio. Kommt Ihr mit?"
„Natürlich! Wenn wir dürfen...", bemerkt Andy bescheiden. „Was haben Sie denn im Moment zu tun?"
„Weißt Du", erklärt Frau Kabel, „wir nehmen gerade eine Pop-Gruppe auf."
„Ist ja spannend!" Andy ist ganz aus dem Häuschen.
„Wenn Ihr's nicht weitererzählt", flüstert Frau Kabel, „die Musik ist zwar ganz fetzig, nur können die Musiker leider den Takt nicht halten. Da habe ich ihnen ein elektronisches Gerät gebaut, das ihnen den Takt vorgibt."

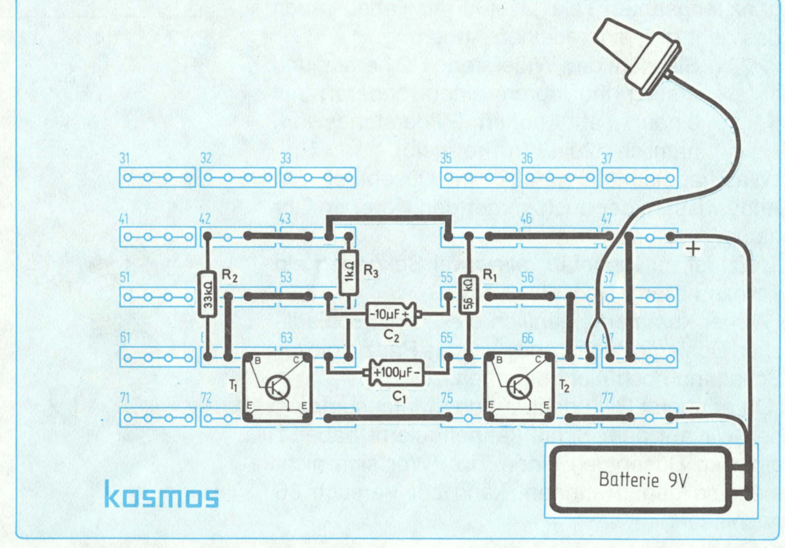
Taktvoll: das elektronische Metronom

„Ein elektronisches Metronom?" fragt Düsentrieb interessiert. Und zu Andy gewendet, erklärt er: „So nennt man nämlich Apparate, die den Takt schlagen."
„Und wie haben Sie das gemacht?" fragt Andy die Elektronikerin. „Ganz einfach", erklärt Frau Kabel und zieht einen Plan aus der Tasche, „genau so!"
„Düsentrieb, das können wir doch gleich mal nachbauen", bettelt Andy. „Aber klar doch", stimmt Düsentrieb zu, „willst Du?"

(77) Mit den Bauteilen aus dem Bereitschaftskoffer baut Andy das Metronom so auf, wie es auf dem Plan von Frau Kabel steht – und der sieht genauso aus wie die Abbildung hier.







„Prima, jetzt knackt es etwas schneller als einmal pro Sekunde“, stellt Andy befriedigt fest. Und Frau Kabel, die auch von Musik eine ganze Menge versteht, erklärt: „In der klassischen Musik nennt man dieses Tempo ‚Largo‘.“
„Und wenn die Musiker schneller spielen sollen“, gibt Andy zu bedenken, „was dann?“ „Dann ist nur ein winziger Umbau nötig“, sagt Frau Kabel.

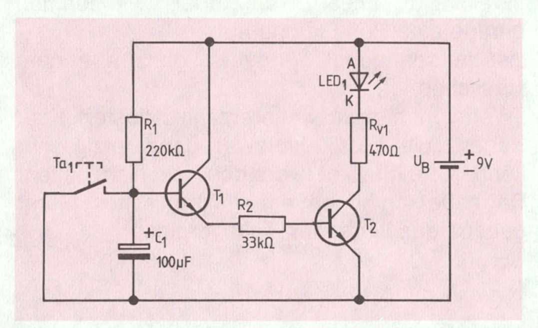
(78) Sie vertauscht die Widerstände R1 5,6 kΩ (grün-blau-rot) und R3 1 kΩ (braun-schwarz-rot) gegeneinander.

„Wunderbar!“ freut sich Andy, „jetzt gibt der Apparat ungefähr dreimal pro Sekunde einen Ton von sich. Das ist jetzt eher was für flotte Musik.“
„Man braucht manchmal ja auch einen ganz, ganz langsamen Takt“, weiß Frau Kabel. „Auch das geht mit einer kleinen Änderung.“

(79) Sie zieht den Widerstand R2 heraus und ersetzt ihn durch einen anderen mit einem sehr hohen Widerstandswert, nämlich 220kΩ (rot-rot-gelb).

„Was hat sich jetzt getan?“ will Düsentrieb von Andy wissen, der noch immer den Hörer im Ohr hat.
„Jetzt ist nur ungefähr alle zwei Sekunden ein Ton zu hören“, berichtet Andy.
„Woher kommen eigentlich diese unterschiedlichen Schlagfolgen?“ Andy hat das Prinzip dieser Schaltung noch nicht begriffen.
„Du erinnerst Dich doch an den Morsesummer, den wir auf dem Schiff kennengelernt haben“, gibt ihm Düsentrieb einen Tip. (Wer sich nicht mehr so genau erinnert, kann bei Versuch 66 nachlesen.)

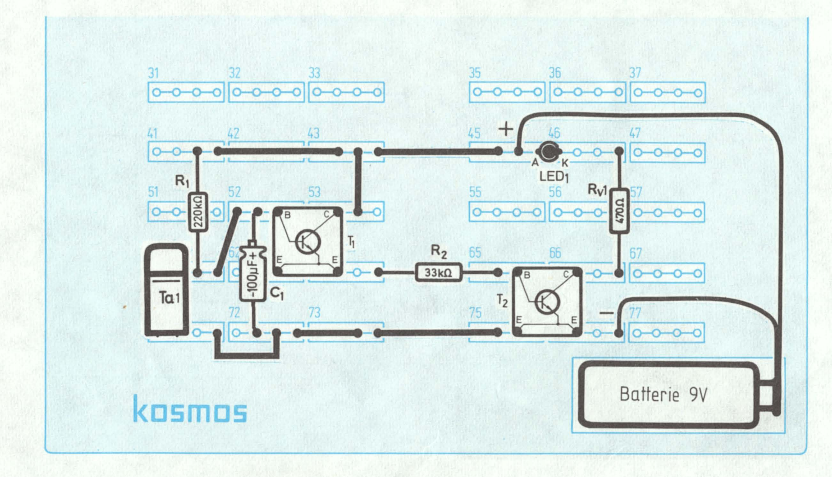
„Und die Widerstandsänderungen, die wir gerade vorgenommen haben, hatten das gleiche Ziel, nämlich die Aufladezeiten – um damit die Geschwindigkeit der Tonfolge im Ohrhörer – zu verändern“, beendet Frau Kabel die Erklärung. Mit einem solch tollen Gerät ausgerüstet, spielt die Pop-Gruppe so gut wie schon lange nicht mehr. Alle sind zufrieden.



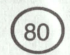


Quiz-Uhr auf Elektronisch

„In Studio 8 beginnt gleich die beliebte Quiz-Sendung ‚zügig – zügig‘ mit Johanna Nelkenberg“, sagt Frau Kabel. „Für einen reibungslosen Ablauf habe ich ein geniales Gerät konstruiert: eine Quiz-Uhr. Sie gibt die Zeit vor, innerhalb derer die Kandidaten eine Frage beantworten müssen. Ich zeig' Euch mal, wie das Gerät aufgebaut wird.“
Greifen wir zu Düsentriebs Teilekoffer und bauen die einfache Schaltung „Elektronische Quiz-Uhr“ so auf, wie es aus der Abbildung hervorgeht.
Inzwischen drängen sich bereits viele Leute in das Studio, in dem die Schau laufen soll: Mikrofone werden angebracht, die Beleuchter



installieren die Scheinwerfer, die Kandidaten sind schon reichlich aufgeregt.
„Ich denke", flüstert Frau Kabel, damit sie die anderen nicht stört, „wir sollten die Uhr jetzt kurz vor der Sendung noch schnell durchtesten."
„Machen wir", ist Andy sofort bei der Hand.



Er drückt auf den Taster, und die Leuchtdiode verlischt. Nach ungefähr fünf Sekunden geht sie wieder an.

„So, das klappt ja toll", Frau Kabel ist zufrieden. „Von mir aus kann's jetzt losgehen." Der Aufnahmeleiter ruft: „Achtung, Ruhe! In zehn Sekunden beginnt die Sendung."
Alles läuft ganz prima, die Kandidaten und die Showmasterin Johanna sind in Top-Form. Fast immer wissen die Befragten die Antwort, bevor das Lämpchen wieder angeht.
Wie nicht anders zu erwarten, ist Frau Kabel auch mit ihrem kleinen Gerät zufrieden, auf das diesmal wieder Hunderttausende von Zuschauern starren.
„Nach der nächsten Gesangseinlage kommt die berühmte ‚Superzügig-Runde'", erklärt Frau Kabel leise. „Da müssen die Kandidaten noch viel schneller sein. Sie haben nur zwei bis drei Sekunden Zeit für ihre Antwort."
„Da müssen Sie doch aber die Uhr noch umbauen", sagt Andy ganz aufgeregt. „Nur keine Panik", Frau Kabel bleibt ganz ruhig. „Ich habe für diese zweite Runde schon alles vorbereitet."



Sie nimmt aus der Schaltung den Widerstand R1 mit seinen 220kΩ (rotrot-gelb) heraus und baut an seine Stelle einen mit 100kΩ (braun-schwarz-gelb) ein.

Andy betätigt kurz den Taster Ta, die Leuchtdiode geht aus und leuchtet nach ungefähr zwei Sekunden wieder auf. Frau Kabels Quiz-Uhr besteht auch den Test in der „Superzügig-Runde". Die Sendung geht dem Ende entgegen, der Sieger ist ermittelt. Gelegenheit also für Daniel Düsentrieb, ein paar Erläuterungen zu geben.

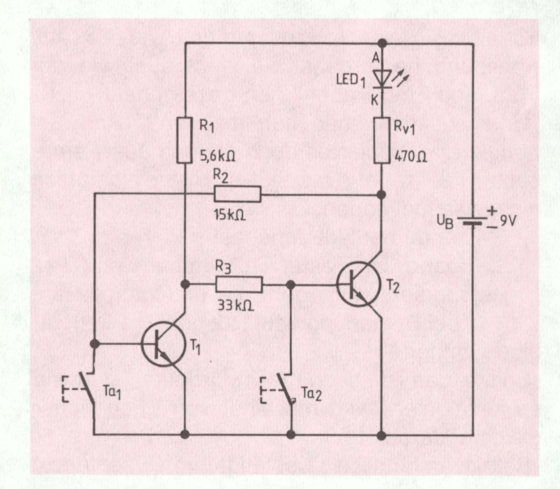


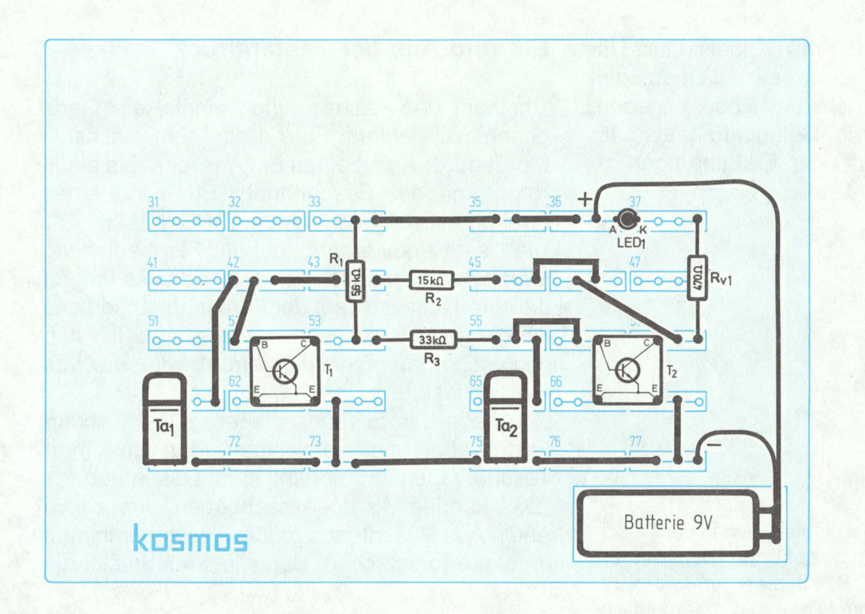
Daniel Düsentrieb erklärt:

„Wir stellen uns zunächst einmal vor, daß der Taster nicht gedrückt ist. Dann bezieht der Transistor T1 über den Widerstand R1 Basisstrom und wird leitend. Der Emitterstrom wird – wie man deutlich sieht – über einen 33-kΩ-Widerstand der Basis von T2 zugeführt, so daß auch dieser Transistor leitend wird und die Leuchtdiode brennt.
Jetzt drücken wir in Gedanken mal auf den Taster. Dann passiert zweierlei: erstens wird die Basis von T1 mit dem Minuspol der Batterie verbunden, und da wissen wir sofort, was dann passiert: T1 und natürlich auch T2 sperren – die Leuchtdiode geht aus.
So, und jetzt lassen wir den Taster wieder los. Der Strom durch den Widerstand R1 fließt nun vorwiegend in den leeren Kondensator hinein, da bleibt für die Basis von T1 zunächst nichts übrig. Nach einer gewissen Zeit jedoch, wenn der Kondensator wieder halbwegs voll ist, wird der Ladestrom geringer, und damit kann wieder Strom in die Basis von T1 fließen. Er wird wieder leitend, T2 bekommt auch Basisstrom, und die Leuchtdiode geht wieder an."

Ein und Aus per Tastendruck

„Ihr habt doch sicher schon einmal ein Gerät gesehen", beginnt Frau Kabel am nächsten Morgen, „das statt eines Ein/Ausschalters einen Knopf mit der Beschriftung ‚EIN' und einen zweiten mit der Beschriftung ‚AUS' hat."
„Ja", sagt Andy sofort, „bei der Fernbedienung für meinen Fernseher ist das so: drücke ich auf die eine Taste, so geht der Fernseher an, drücke ich die andere, so geht er wieder aus. Ich hab mich schon manchesmal gefragt, wie so etwas möglich ist."
„Ich habe das folgendermaßen gelöst", erklärt Frau Kabel und zieht einen Plan aus ihrer Tasche. „Elegant, elegant", lobt Düsentrieb.
„Das können wir doch nachbauen", freut sich Andy. Aus Düsentriebs großer Tasche entnimmt er die erforderlichen Bauteile und steckt die





Reagiert auf jeden Tastendruck: der elektronische Wechselschalter

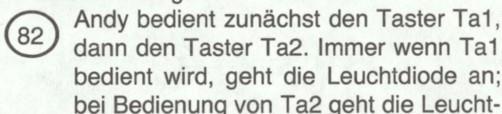
„Noch eine trickreiche Lichtschaltung gefällig?" fragt Frau Kabel. „Aber selbstverständlich, nur zu", ermutigt sie Düsentrieb, noch etwas aus dem elektronischen Nähkästchen zu plaudern. „Also gut", erklärt sich Frau Kabel bereit. „Wir haben doch diesen langen dunklen Gang hier. Da mußte einfach eine Lampe hinein. Aber die Direktion war geizig und hat uns für jedes Ende des Ganges jeweils nur einen Taster zum Ein- und Ausschalten bewilligt".



„Das kann doch gar nicht funktionieren!" entrüstet sich Andy. Aber Frau Kabel zieht aus ihrer Tasche bereits den Plan mit der Lösung heraus. „Wir bauen die Schaltung zunächst einmal mit einem einzigen Taster auf", verkündet sie.

Schaltung genauso zusammen, wie es aus Abbildung hervorgeht. Sie sieht aus, wie der Plan, den Frau Kabel ihnen gezeigt hat.

„Und was muß man nun machen?" Andy ist neugierig. „Probier es doch einfach aus", empfiehlt Frau Kabel. Das läßt sich Andy natürlich nicht zweimal sagen.



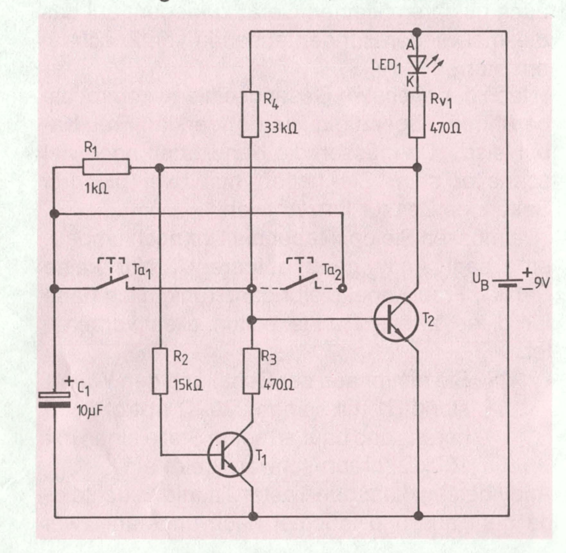
(82) Andy bedient zunächst den Taster Ta1, dann den Taster Ta2. Immer wenn Ta1 bedient wird, geht die Leuchtdiode an; bei Bedienung von Ta2 geht die Leuchtdiode immer aus.

„Spitze, das ist schon mal in Ordnung. Und wie es funktioniert, wird mir einer von Euch sicher gleich erklären".

„Selbstverständlich", bestätigt ihm Düsentrieb.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Bei dieser Schaltung handelt es sich wieder um ein Flipflop. Wir sind ihm in Versuch 58 schon begegnet. Durch Druck auf die Taste Ta1 wird der Transistor T1 gesperrt. Wir wissen, daß dann der andere leitend werden muß. Die Leuchtdiode wird eingeschaltet. Druck auf den Taster T2 hingegen sperrt den Transistor T2 und schaltet die Leuchtdiode aus. Was wir nicht sehen können: T1 ist jetzt leitend und zwingt T2 dadurch, gesperrt zu bleiben. Aber das ist ja nichts weiter als das Flipflop-Prinzip, das wir bei Versuch 58 schon kennengelernt haben."



Wir entnehmen Düsentriebs Bereitschaftstasche die nötigen Bauteile und bauen eine Schaltung auf, die so aussieht wie hier abgebildet.

„Die Schaltung steht, aber es tut sich nichts", beklagt sich Andy. „Ist ja auch kein Wunder", klärt ihn Düsentrieb auf. „Du mußt auf den Taster drücken, das ist doch der Witz!"

(83) Andy drückt den Taster Ta1 mehrmals nacheinander und stellt fest: die Leuchtdiode geht abwechselnd an und aus.

„Ein einzelner Taster nützt aber in dem langen Gang überhaupt nichts", bemerkt Andy scharfsinnig. „Wir müssen jetzt noch den zweiten einbauen."

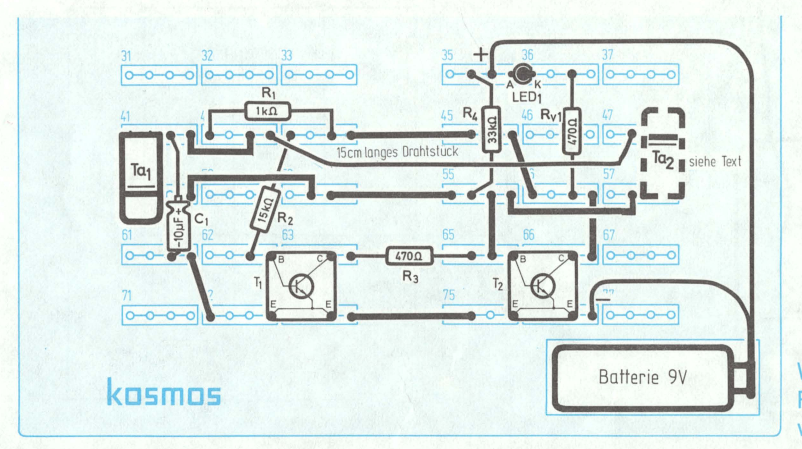
(84) Kein Problem für Frau Kabel. Sie baut zusätzlich den Taster Ta2 ein, der in der Abbildung gestrichelt eingezeichnet ist.

„Jetzt haben wir's", sagt Andy anerkennend. „Ganz gleich, welchen Taster ich bediene: wenn das Licht vorher an war, geht es beim Tastendruck aus, wenn es aus war, geht es an, sobald ich den Taster bediene."

„Und die Funktion ist gar nicht einmal so kompliziert", bemerkt Düsentrieb.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Es handelt sich hier um eine abgewandelte Flipflop-Schaltung. Davon konnten wir uns überzeugen, denn es gibt ja offensichtlich zwei stabile Zustände. Die entscheidende Rolle spielt hier der 10-µF-Kondensator: ist T2 gesperrt, so kann sich der Kondensator über die Leuchtdiode, den 470-Ω- und den 1-kΩ-Widerstand aufladen. Betätigt man nun in dieser Situation einen der Taster, so entlädt sich der Kondensator über die Basis von T2 und macht ihn dadurch leitend. Der Kondensator ist nun vollständig entladen. Wird einer der Taster jetzt nochmals betätigt, so bewirkt der entladene Kondensator, daß T2 sperrt, und der ursprüngliche Zustand ist wieder hergestellt.
Überflüssig zu sagen, daß Ta1 und Ta2 ganz einfach parallelgeschaltet sind."





Wichtig!
Frische Batterien verwenden.

8. Bei Scotland Yard

„Von Paris ist es doch eigentlich nur ein Katzensprung bis nach London, der Hauptstadt Großbritanniens", überlegt Düsentrieb. „Auch jenseits des Kanals gibt es eine Menge zu sehen und zu lernen."

„Gegen einen Ausflug nach England habe ich überhaupt nichts einzuwenden", stimmt Andy zu. Und so bringt ein Flugzeug die beiden innerhalb einer Stunde in die Hauptstadt des Inselkönigreichs.

„Ich bin ja ein alter Krimifan", bekennt Düsentrieb. „Was hat denn das mit unserer Reise zu tun?" will Andy wissen. „Ganz einfach: Kriminalistik ohne Elektronik ist heutzutage undenkbar. Und besonders im berühmtesten Kriminalhauptquartier der Welt, dem ‚Scotland Yard', sitzen nicht nur Detektive, sondern auch hervorragende Elektroniker."

In dem riesigen Polizeigebäude lassen sie sich bei Kommissar Bobby, Düsentriebs Freund, anmelden. Der begrüßt sie in seinem Büro. „Natür-



lich zeige ich Euch einiges aus unserer Arbeit", lädt Bobby die beiden Elektroniker ein. „Darf's gleich mal eine kleine Schaltung sein?"
„Nur zu", ermutigt ihn Düsentrieb, „wir sind schon mächtig gespannt, was Sie uns zu zeigen haben."

Die Polizeisirene

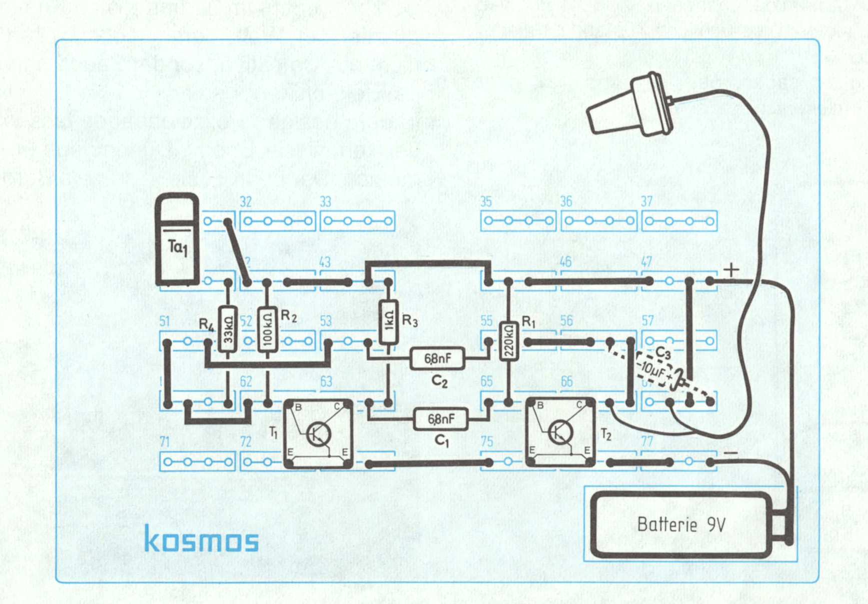
(85) Kommissar Bobby kramt in seiner Schreibtischschublade, entnimmt ihr einige elektronische Bauteile und baut die Schaltung genauso auf, wie es die Abbildung zeigt.

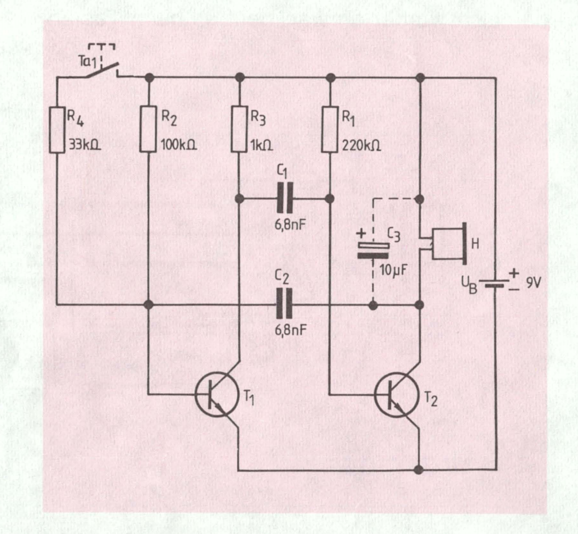
„Die fiept ja!" bemerkt Andy. „Das ist noch gar nichts", freut sich Bobby, „die Schaltung kann noch mehr."

(86) Bobby drückt auf den Taster Ta, und der Ton, der aus dem Ohrhörer zu vernehmen ist, wird höher. Bobby spielt noch ein bißchen mit dem Taster, und ehe es sich Düsentrieb und Andy versehen haben, klingt der Ton aus dem Ohrhörer wie eine Polizeisirene. „Das ist ja fabelhaft", Andy ist begeistert. „Damit können Sie ja Ihre Polizeifahrzeuge ausstatten." „Das haben wir ja auch schon gemacht", bemerkt Bobby stolz.
„Und wenn der Ton noch etwas höher werden soll, dann habe ich noch ein paar Tricks auf Lager", teilt Bobby mit.

(87) Bobby zieht aus der Schaltung den Widerstand R4 mit seinen 33kΩ (orange-orange-orange) heraus und baut stattdessen einen Widerstand mit 15kΩ (braun-grün-orange) ein.
„Mit diesem Ton bekommt man jede Straße frei", erläutert Kommissar Bobby. „Wenn's aber mal ganz leise und weich sein soll, dann müssen wir die Schaltung noch etwas verändern."

(88) Bobby fügt dem Aufbau einen Kondensator C3 mit 10μF hinzu; er ist in der Abbildung gestrichelt eingezeichnet.
„Jetzt würde mich nur noch interessieren", unterbricht Andy den Redeschwall des Kommissars, „warum die Schaltung so tut, wie sie tut."
„Das ist gar nicht so schwierig", beginnt Düsentrieb.







Daniel Düsentrieb erklärt:

„Schaltungen, die Töne erzeugen, haben wir nun schon einige Male kennengelernt. Ich erinnere z.B. an den Morsesummer in Versuch 66. Der Trick bei der Polizeisirene besteht darin, daß durch den Tastendruck ein Widerstandswert umgeschaltet wird. Anders ausgedrückt: wenn über die Taste zu dem 100-kΩ-Widerstand der 33-kΩ-Widerstand parallel geschaltet wird, so ist der Ton höher, da ja – wie aus Versuch 27 bekannt – parallel geschaltete Widerstände einen kleineren Widerstand ergeben. Kleinerer Widerstand bedeutet höherer Ton – also, das ist nun wirklich keine Hexerei!“

Chancenlose Einbrecher: die „Scotland Yard“-Alarmanlage

Am nächsten Tag hält Kommissar Bobby einen Vortrag vor Polizeianwärtern.

„Meine Damen und Herren“, beginnt er, „die beste Sicherung für eine Wohnung ist immer noch ein gutes Schloß.“

„Aber da muß es doch noch andere Maßnahmen geben“, will ein besonders eifriger Schüler wissen.

„Natürlich“, bemerkt Bobby, „die Kronjuwelen kann man schließlich auch nicht nur durch Schlösser sichern. Gut, die nächste Sicherheitsstufe ist die Alarmanlage. Sie gibt ein Licht- und Tonsignal von sich, wenn unbefugt eine Tür oder ein Fenster geöffnet wird.“

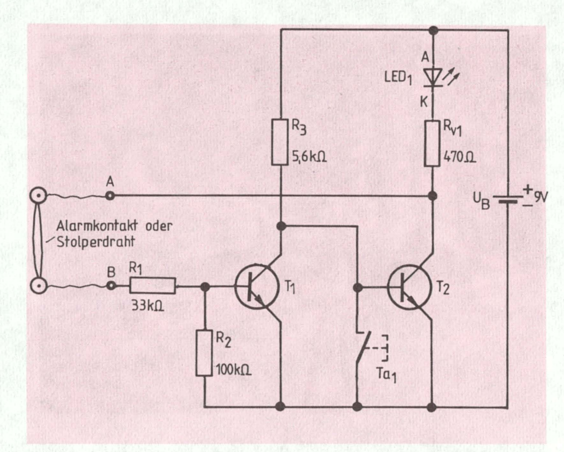
Andy stupst Düsentrieb an: „Jetzt wird's spannend! Hoffentlich gibt der Kommissar auch eine Bauanleitung an, damit wir die Schaltung nachbauen können.“

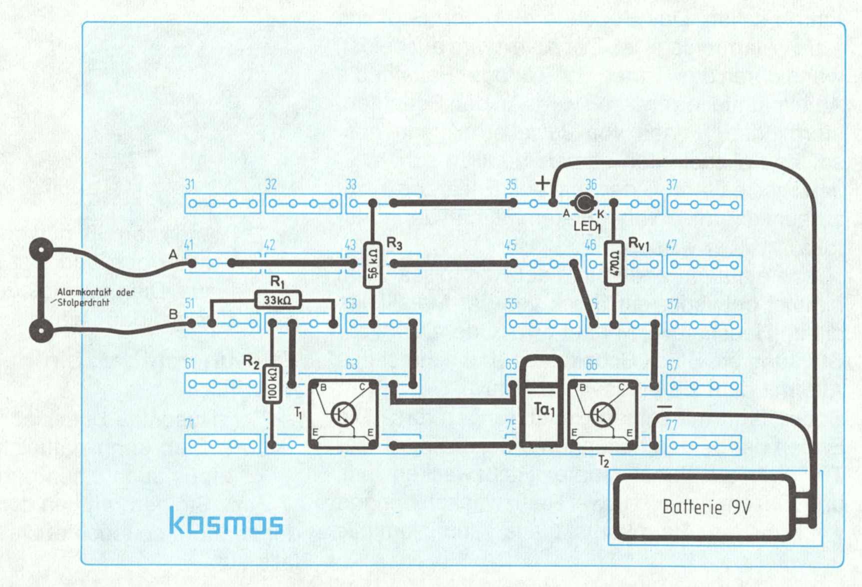
Darauf braucht er nicht lange zu warten, denn gleich zieht Bobby einen Plan aus der Tasche und skizziert ihn an die Tafel.

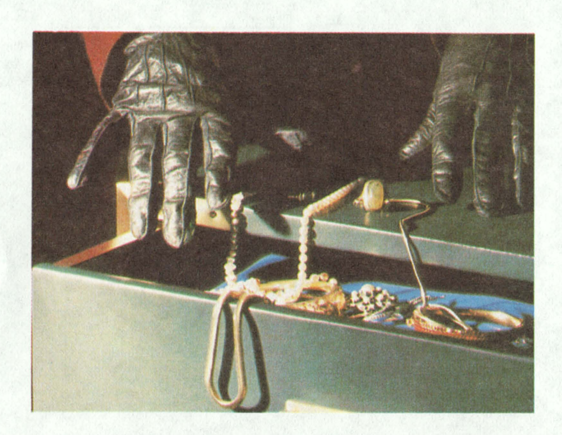


Er nimmt eine Schachtel mit den Bauteilen und baut die Alarmanlage so auf, wie es in der Abbildung dargestellt ist.

„Zu dem Aufbau muß ich aber noch







einiges erklären", sagt Mr. Bobby. „An ‚A' und ‚B' schließen wir die Leitungen an, die dann zu einer Aluminiumfolie an der Tür oder am Fenster führen sollen. Das Besondere an der ‚Scotland Yard'-Alarmanlage ist: Der Alarm wird ausgelöst, wenn durch das Öffnen von Tür oder Fenster die Aluminiumfolie zerrissen wird. An den Schaufenstern oder Vitrinen von Juwelieren kann man solche Folienstreifen oftmals deutlich sehen."

Jetzt ist es Andy, der mit der Erklärung nicht zurechtkommt. „Woher bekommt man denn Alufolie?" will er wissen.

„Ganz einfach", erklärt ihm der Kommissar. „Du nimmst entweder ein Stück von der Metallfolie, die im Haushalt verwendet wird. Oder Du ißt zur Stärkung ein Stück Schokolade und nimmst das Alu, mit dem sie eingewickelt war."

Bobby fährt mit seinen Erläuterungen fort: „Die Enden der beiden Leitungen drücken wir an der Tür oder am Fenster unter Reißzwecken fest, und zwischen diesen zwei Reißzwecken bringen wir nun den Alarmkontakt aus Aluminiumfolie an."

Der Kommissar erläutert die weitere Vorgehensweise: „Um die Anlage ‚scharf' zu machen, also bereit, uns vor unerwünschten Eindringlingen zu warnen, muß man bloß noch den Taster Ta drücken. Falls die Leuchtdiode zuvor eingeschaltet war, geht sie jetzt auf jeden Fall aus. Es ist ja auch logisch: sie soll ja erst angehen, wenn Alarm ausgelöst, der Alustreifen also zerrissen wird."



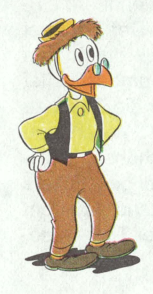
(90) Andy zerreißt nun den Aluminiumstreifen zur Probe und löst dadurch den Alarm aus. Die Leuchtdiode geht an und signalisiert, daß „ein Dieb eingedrungen ist".

Fast unsichtbar: ein dünner Draht

(91) Düsentrieb hat noch eine weitere Idee: „Man kann natürlich statt des Alustreifens auch einen ganz dünnen Draht als ‚Stolperdraht' an der Tür auslegen. Wird der zerstört, so leuchtet die Alarmleuchte ebenfalls auf."

„Eines muß ich nochmals klar sagen", fährt Bobby fort. „Wichtig ist immer, daß man den Kontaktstreifen richtig anbringt. Soll eine Tür überwacht werden, dann bringt man am besten die eine Reißzwecke (mit dem einen Ende des Streifens) am Rahmen, die andere am Türflügel an. Für Fenster oder Schranktüren gilt logischerweise das Gleiche."

„Jetzt möchte ich nur noch eines wissen", mischt sich Andy da ein. „Nämlich, wie diese Anlage von der Elektronik her funktioniert."

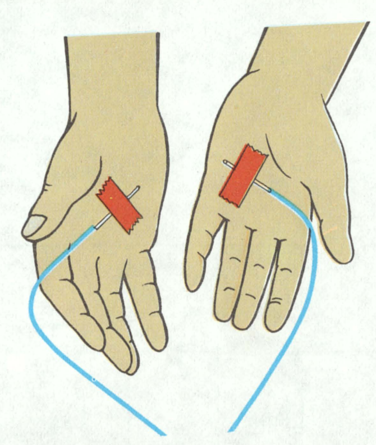


Daniel Düsentrieb erklärt:

„Beginnen wir damit, daß die Anlage durch Drücken des Tasters ‚scharf' gemacht wird: T2 sperrt, und über die Leuchtdiode, den 470-Ω- Widerstand, den Alarmkontakt und den 33-kΩ-Widerstand erhält T1 Basisstrom, so daß er leitet und T2 zwingt, gesperrt zu bleiben. Wird nun im Alarmfall die Verbindung A-B unterbrochen, so bleibt der Basisstrom für T1 plötzlich aus, auf seine Basis wirkt nun nur noch der nach Minus geschaltete 100-kΩ-Widerstand. Da sperrt T1 natürlich, und T2 wird leitend: die Leuchtdiode geht an. Und selbst wenn der Dieb in aller Eile versuchen sollte, den Alustreifen zu flicken: es würde ihm nichts nützen, denn der Alarm kann nur durch die Taste abgeschaltet werden."

Wer dreimal lügt...: der Lügendetektor

Andy druckst schon eine ganze Weile lang herum, und schließlich platzt er heraus: „Ich habe schon mal was von elektronischen Lügendetektoren gehört: Gibt es hier so etwas?"
„Natürlich", erwidert Bobby. „Aber erstens sind sie als Beweis nicht zugelassen und zweitens muß der Verdächtige damit einverstanden sein."
„Wir können ja mal die Wahrheitsliebe von Andy auf die Probe stellen", schlägt Düsentrieb vor. Und ehe sich's Andy versieht, hat Bobby eine Schaltung aufgebaut.



„Die Schaltung kommt mir sehr bekannt vor, wir haben sie schon mal bei unserem ‚musikalischen Apfel' in Versuch 71 benutzt. Aber ich sehe schon: statt des Apfels werden hier die menschlichen Hände in den Stromkreis geschaltet.



Bobby befestigt die blanken Enden der Drähte, die an A und B angeschlossen sind, mit zwei Klebestreifen an den Handinnenflächen von Andy.
Jetzt beginnt die Vernehmung. „Wie heißt Du?" wendet sich Bobby an den ‚Verdächtigten'. „Andy", gibt Andy wahrheitsgemäß zurück. Der Ton aus dem Ohrhörer verändert sich nicht.
„Gehst Du gern zur Schule?" setzt Bobby die Befragung fort. Andy zögert etwas: „Ja, ja doch." Der Ton im Ohrhörer wird etwas höher.
„Und machst Du immer Deine Hausaufgaben richtig und sorgfältig?" stellt Bobby die letzte Frage. Andy wird etwas bleich, sagt dann aber: „Ja, die mache ich schon immer." Der Ton, den der Lügendetektor von sich gibt, wird wesentlich höher.
„Sieh mal", erklärt Bobby, „meine Frage hat Dich in Verlegenheit gebracht. Deswegen bist Du etwas ins Schwitzen gekommen. Dadurch, daß Deine Hände feucht geworden sind, ist ihr elektrischer Widerstand niedriger geworden."
„Ach ja", fällt es Andy ein, „und wenn der Widerstand zwischen A und B geringer wird, kann das System zwischen den beiden Transistoren T1 und T2 schneller schwingen und den Ohrhörer zu einem höheren Ton veranlassen."
„Wie schon gesagt, das Ergebnis des Lügendetektors ist kein Beweis", stellt Kommissar Bobby fest. „Aber mit seiner Hilfe erhalten wir manchmal Hinweise, denen nachzugehen sich lohnt."
„So kann die Elektronik gelegentlich auch der Polizei helfen", faßt Düsentrieb zusammen.

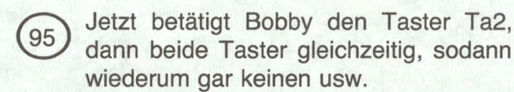


Schottische Weisen in Scotland Yard: Vier-Ton-Dudelsack

„Ich bin mir da zwar nicht ganz sicher, ob Euch das gefällt", sagt Kommissar Bobby, „aber heute abend ist Probe beim Dudelsackorchester der Polizei."
„Klar", findet Düsentrieb, „da sind wir dabei."
„Da muß ich mich allerdings erst noch umziehen", sagt Bobby, „denn bei den Dudelsackbläsern tritt man nicht in der Uniform auf, sondern im Schottenrock."
„Spielen Sie wirklich auf einem richtigen Dudelsack?" will Andy von Bobby wissen. „Nein, eigentlich nicht", meint Bobby. „Ich habe mir ein elektronisches Musikinstrument gebaut, mit dem man ganz ähnliche Töne wie mit einem echten Dudelsack erzeugen kann."
„Das müssen Sie uns aber noch vor der Probe zeigen", verlangt Düsentrieb. „Das ist kein Problem, das haben wir gleich", murmelt Bobby und wühlt in der Bauteilekiste.

(93) Bobby steckt die Teile so zusammen, wie es aus der Abbildung hervorgeht.
Wie immer bei solchen Versuchen hat sich Andy gleich den Ohrhörer genommen: „Ich höre einen tiefen Ton. Der könnte schon mal in ein Dudelsackorchester passen."
„Sie haben da zwei Taster in die Schaltung eingebaut", bemerkt Düsentrieb. „Welche Funktion haben die denn?" „Das werdet Ihr gleich hören", verspricht Bobby.

(94) Bobby betätigt den Taster Ta 1.
„Oh, der Ton wird ja höher", berichtet Andy. „Gibt's noch weitere Möglichkeiten?"

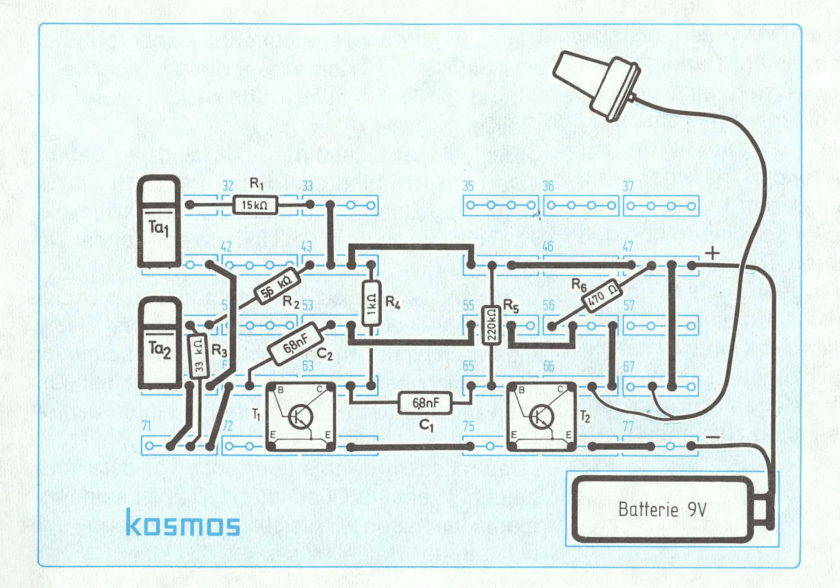


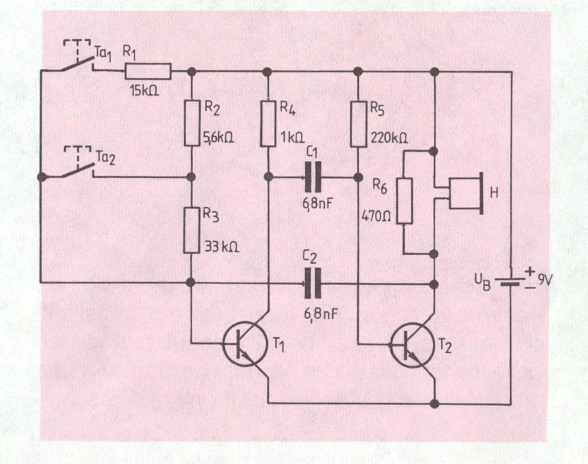
(95) Jetzt betätigt Bobby den Taster Ta2, dann beide Taster gleichzeitig, sodann wiederum gar keinen usw.
„Mit diesen vier Tönen", weiß Bobby, „kann man schon einige einfache schottische Volksweisen spielen."
„Wenn die Zeit vor der Probe noch reicht", blickt Düsentrieb zu Kommissar Bobby hinüber, „würde ich gerne noch mit Andy klären, warum diese Schaltung so tut, wie sie tut."

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Eine Schaltung, die Töne erzeugt, ist uns schon mehrfach begegnet. Das ist für uns also kein Problem mehr. Diese hier hat allerdings folgende Besonderheit: Mit Hilfe der beiden Taster können wir verschiedene Widerstandswerte einschalten. Ist kein Taster gedrückt, so wirkt die Reihenschaltung aus dem 5,6-kΩ- und dem 33-kΩ-Widerstand. Drückt man Ta1, so wird zu dieser Reihenschaltung der 15-kΩ-Widerstand parallel geschaltet. Wird jetzt zusätzlich Ta2 betätigt, so bedeutet das wiederum einen anderen Widerstandswert, weil der 33-kΩ-Widerstand durch Ta2 überbrückt wird. Läßt man nun Ta1 los, Ta2 aber gedrückt, so wirkt nur noch der 5,6-kΩ-Widerstand. Du siehst: zwei Taster, vier Möglichkeiten und damit vier verschiedene Töne."





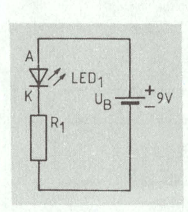


9. Wieder zuhause

Düsentrieb und Andy sitzen in Düsentriebs Labor. „Bevor wir zu unseren beiden Top-Schaltungen kommen“, vertröstet Düsentrieb Andy noch ein wenig, „müssen wir noch zwei neue Bauteile kennenlernen.“
„Und die wären?“ fragt Andy. „Da ist zunächst einmal die Diode“, erklärt Düsentrieb.

Einbahnstraße für Elektronen: die Diode

„Die Diode ist ganz einfach zu verstehen“, beginnt Düsentrieb. „Sie macht nichts anderes, als den Strom in einer Richtung durchzulassen, ihn in der anderen Richtung aber zu sperren. Sie wirkt also wie eine Einbahnstraße für den Strom.“
„Halt, halt“, unterbricht Andy. „Die ganze Zeit verwenden wir doch bereits eine Leuchtdiode. Bisher war uns doch vor allem wichtig, daß sie leuchtet.“ „Aber ihre Funktion als Diode“, macht Düsentrieb klar, „hat sie immer gehabt – nur haben wir sie immer so eingesetzt, daß sie grundsätzlich den Strom durchließ. Aber wir haben da noch eine zweite Diode, die Germanium-Diode, und die wollen wir mal gleich mit unter die Lupe nehmen.“



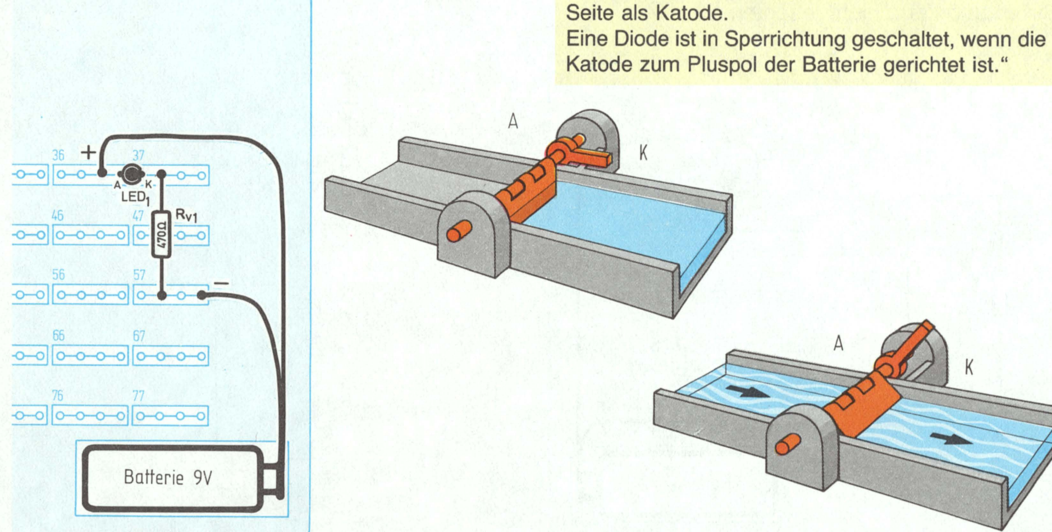


Zum Merken: Dioden-Grundschaltungen

Für Schaltungen, die die Funktionsweise einer Diode zeigen, braucht man nur einige wenige Bauteile.


Man baut einen kleine Schaltung nach der Abbildung auf.
Klarer Fall, die Leuchtdiode leuchtet, sie ist in Durchlaß-Richtung geschaltet, läßt den Strom also passieren.


Jetzt wird's spannend, denn wir ziehen die Leuchtdiode heraus, drehen sie herum und stecken sie (nun also in Sperrichtung) in den Stromkreis.
Wie erwartet, brennt die Leuchtdiode nicht, sie sperrt den Strom.




Daniel Düsentrieb erklärt:

„Eine Diode wirkt wie ein Ventil. Man könnte dabei z.B. an ein Fahrradventil denken. Das läßt die Luft für den Reifen nur in einer Richtung passieren: von außen kann mit der Luftpumpe Luft in den Reifen hineingepumpt werden, zum Glück kann die Luft wegen der Ventilwirkung aus dem Reifen nicht mehr heraus.
Wir können uns auch das ‚Dioden-Schleusen-Modell‘ hier in der Abbildung anschauen: In Sperrichtung drückt das Wasser die kleine Klappe gegen den Anschlag und stoppt den Fluß. Anders sieht es aus, wenn die ‚Schleuse‘ herumgedreht und in Durchlaßrichtung betrieben wird: die Klappe geht auf und läßt den Wasserstrom passieren.
Wir sollten uns merken: die Leuchtdiode hat an ihrem roten Gehäuse an einer Seite eine Abflachung. Dieser Abflachung entspricht der Querbalken im Schaltungssymbol. Man bezeichnet diese Seite als Katode.
Eine Diode ist in Sperrichtung geschaltet, wenn die Katode zum Pluspol der Batterie gerichtet ist.“

Daniel Düsentrieb wird nun die Eigenschaften der Germanium-Diode untersuchen. Um herauszufinden, ob sie leitet oder sperrt, benutzt er in den folgenden Schaltungen zusätzlich die Leuchtdiode, aber nur als Anzeigeelement für den Stromfluß.

(98) Man baut eine Schaltung gemäß der Abbildung auf, bei der Leuchtdiode und Germanium-Diode D in Durchlaßrichtung eingesetzt sind.

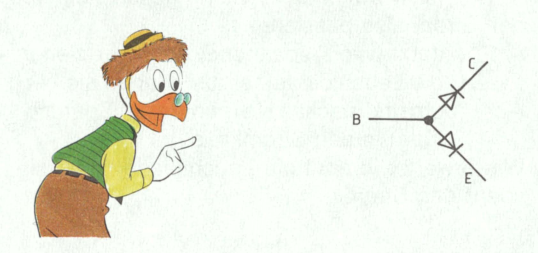
Die Leuchtdiode leuchtet. Sie zeigt uns hier an, daß die Germaniumdiode D tatsächlich in Durchlaßrichtung betrieben wird.

(99) Man zieht die Germanium-Diode D heraus und steckt sie herumgedreht wieder ein.

Die Diode D sperrt den Strom jetzt, unser Anzeigenelement „Leuchtdiode" erhält keinen Strom und kann nicht leuchten.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Die Germaniumdiode hat zur Kennzeichnung der Katode keine Abflachung wie die Leuchtdiode, sondern auf ihrem Glaskörper einen farbigen oder schwarzen Ring.
Wir merken uns: Die Germaniumdiode sperrt, wenn der farbige oder schwarze Ring zum Pluspol der Batterie gerichtet ist."



Was zwei Dioden fertigbringen

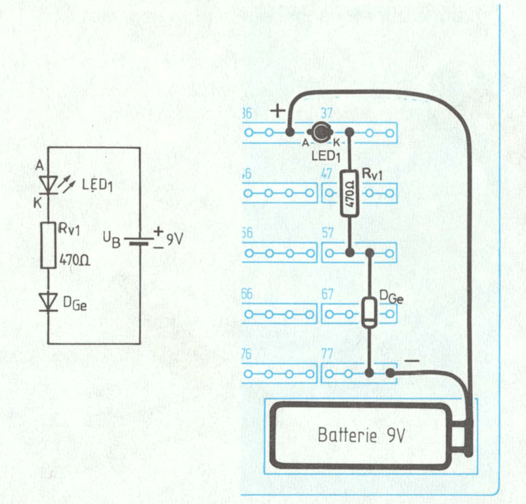
„Ich will Dir jetzt noch etwas ganz Sensationelles berichten", kündigt Düsentrieb an. „Man kann nachweisen, daß im Transistor zwei Dioden drin sind."

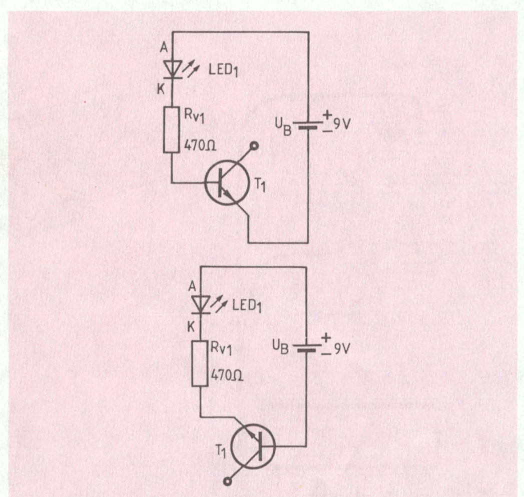
„Zwei Dioden im Transistor?" Andy sieht ihn ungläubig an.

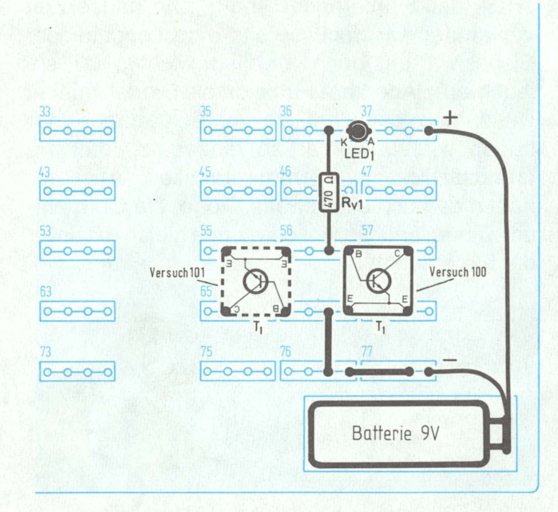
„Ja, und zwar eine von der Basis zum Emitter – sie heißt deshalb auch Basis-Emitter-Diode – und eine von der Basis zum Kollektor; die heißt folgerichtig Basis-Kollektor-Diode. Und daß es wirklich Dioden sind, wollen wir jetzt nachweisen."

(100) Man baut die Schaltung auf, wie sie hier zu sehen ist.

Achtung: Der Kollektor des Transistors wird nicht angeschlossen, da ja nur die Basis-Emitter-Diode untersucht werden soll.



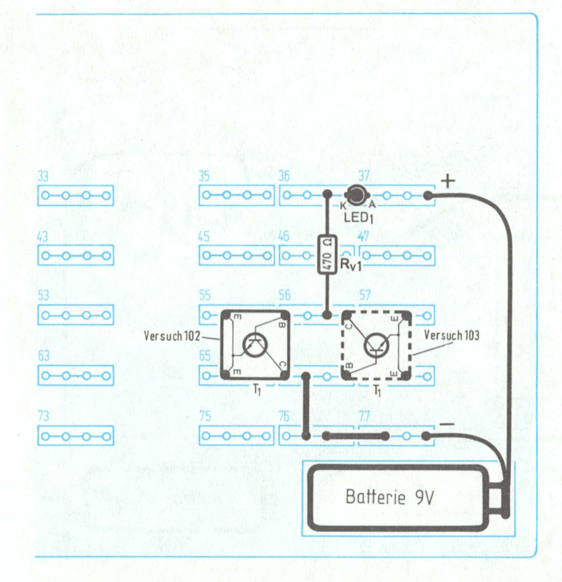




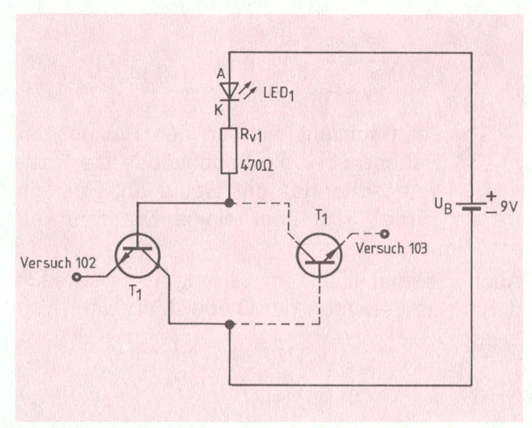
Die Leuchtdiode, die uns anzeigen soll, ob Strom fließt oder nicht, leuchtet auf. Der Basisanschluß des Transistors ist auf den Pluspol der Batterie gerichtet, die Basis-Emitter-Diode somit in Durchlaßrichtung.

(101) Das Transistor-Modul wird herumgedreht, so daß der Basisanschluß jetzt zum Minuspol der Batterie weist.
Die Leuchtdiode bleibt dunkel; die Basis-Emitter-Diode ist in Sperrichtung.

(102) Nach der nächsten Abbildung wird die Basis-Kollektor-Diode in den Stromkreis gelegt.
Der Basis-Anschluß weist jetzt auf den Pluspol der Batterie, die Basis-Kollektor-Diode liegt in Durchlaßrichtung. Die Diode leuchtet.

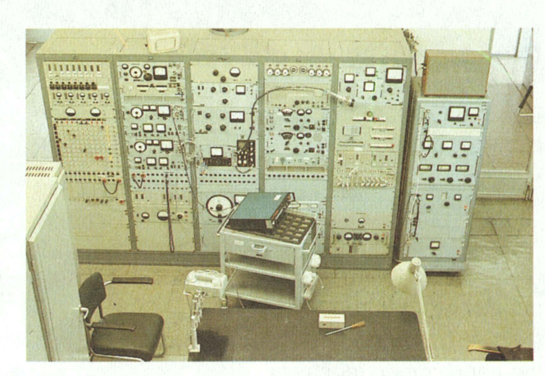


(103) Das Transistor-Modul wird erneut herumgedreht. Jetzt liegt der Minuspol der Batterie an der Basis. Die Basis-Kollektor-Diode sperrt, die Leuchtdiode leuchtet nicht.



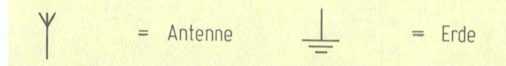
Überträgt Energie durch die Luft: die Spule

„Soll ich Dir etwas verraten?“ macht Düsentrieb Andy neugierig. „Was gibt's denn Geheimnisvolles?“ will Andy wissen. „Die letzten beiden Geräte“, erzählt Düsentrieb, „die wir bauen wollen, sind Radioempfänger!“
„Und warum fangen wir nicht gleich damit an?“ drängelt Andy. „Nur die Ruhe“, winkt Düsentrieb ab. „Wir müssen zunächst noch ein letztes Bauteil kennenlernen: die Spule.“



Daniel Düsentrieb erklärt:

„Eine Spule ist eigentlich nur ein sehr langer aufgewickelter Draht“, erläutert Düsentrieb. „Diese Wicklung hat aber die Eigenschaft, magnetische Energie durch die Luft zu übertragen. Die Energie kann man mit einer anderen Spule wieder in elektrischen Strom verwandeln. In dem kleinen viereckigen Töpfchen auf dem Mittelwellen-Modul befinden sich zwei Spulen. Ihre Enden sind einzeln herausgeführt und auf dem Modul mit 1 und 4 bzw. mit den Symbolen für „Erde“ und „Antenne“ bezeichnet.



In der Mitte des Töpfchens steckt ein verschraubbarer Eisenkern, weil die Spulen Magnetismus entwickeln.“

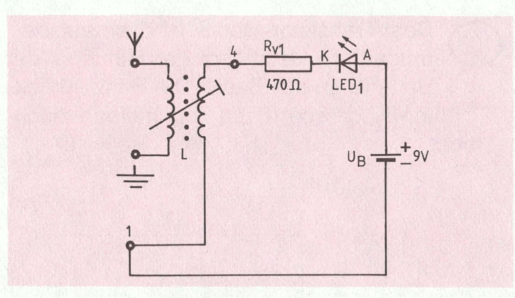
Grundversuche mit der Spule

Daß die Spulen wirklich nur aus zwei Drähten bestehen, kann man mit einfachen Versuchen zeigen.

(104) Man schließt über eine Leuchtdiode mit Vorwiderstand den Pluspol der Batterie an Position 4 der Spule an; Position 1 wird über einige Brücken an den Minuspol gelegt. (Siehe Abbildung).

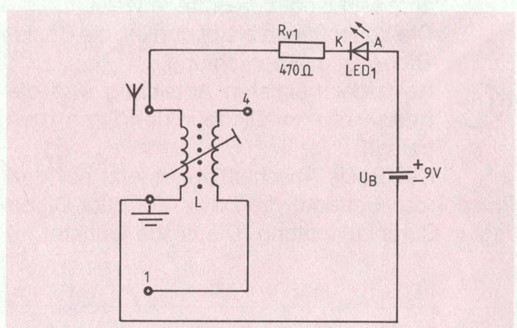
Es fließt ein Strom; das erkennt man daran, daß die Leuchtdiode leuchtet.

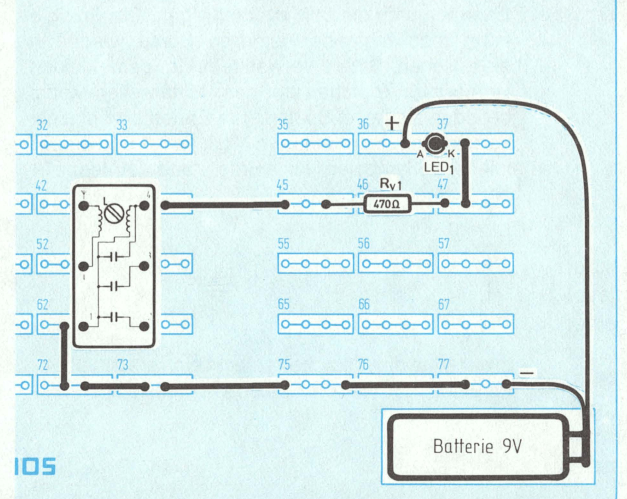
Achtung! Zwischen das Mittelwellen-Modul und die Steckplatte unbedingt eine der beiden Isolierplatten einlegen. Die Isolierplatten wurden von der Auflegeschablone ausgeschnitten (siehe Seite 6).

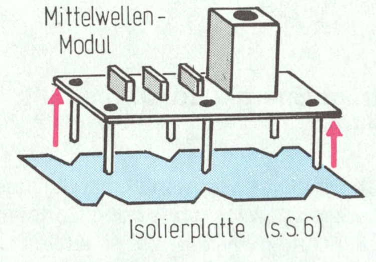


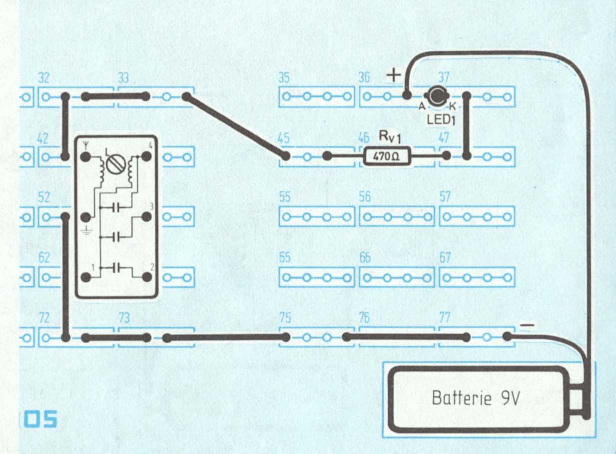
(105) Jetzt schließt man an den Pluspol der Batterie über die Leuchtdiode die Position „Antenne" der Spule an. Position „Erde" liegt über einige Drahtbrücken am Minuspol.

Auch diesmal fließt ein Strom, nachgewiesen durch das Leuchten der Diode. Man sieht also deutlich, daß Position „Antenne" und „Erde" einerseits und Position 1 und 4 andererseits leitende Verbindung miteinander haben. Der eine Draht beginnt bei Position „Antenne", geht durch viele Windungen und endet bei Position „Erde"; der andere fängt bei 1 an und endet bei 4.

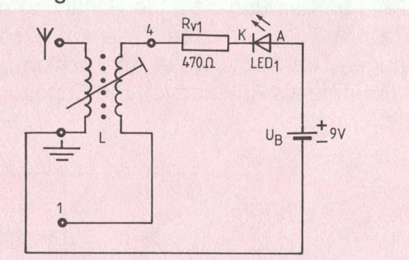






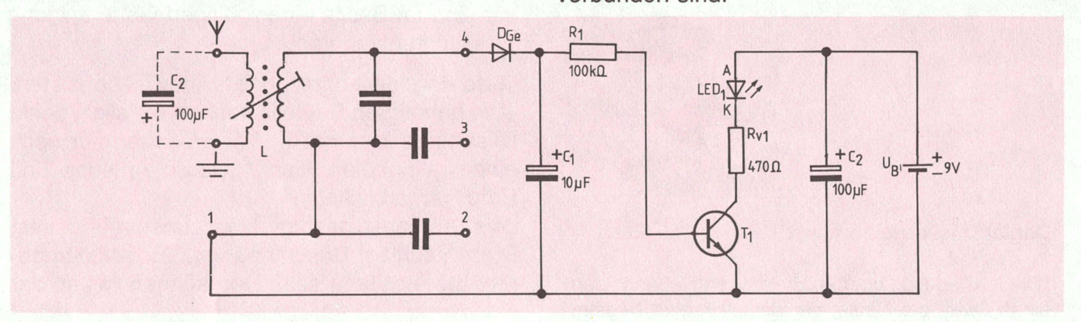


(106) Man baut eine kleine Schaltung nach der Abbildung auf. Dabei liegt der Pluspol der Batterie über Leuchtdiode und Widerstand an Position 4, der Minuspol über einige Drahtbrücken an Position „Erde".
An der Leuchtdiode tut sich nichts. Ganz klar: Position „Erde" gehört zu der einen Spule und Position 4 zu der anderen. Es ist bewiesen, daß die Spulen keine leitende Verbindung miteinander haben!
Düsentrieb hat vorher behauptet, daß die Spule Energie „durch die Luft" übertragen kann. Das soll nun nachgewiesen werden.

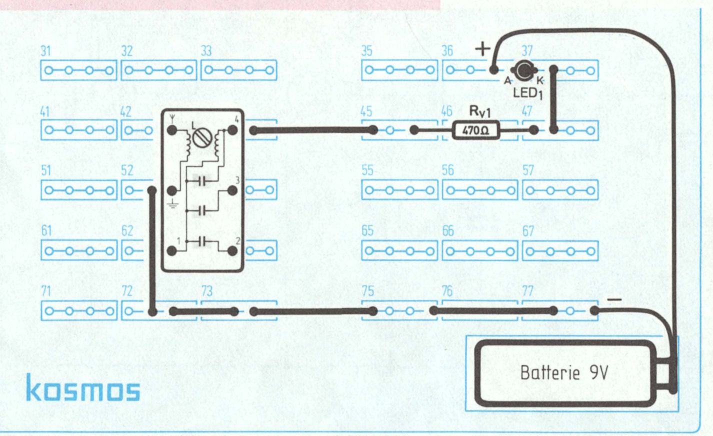


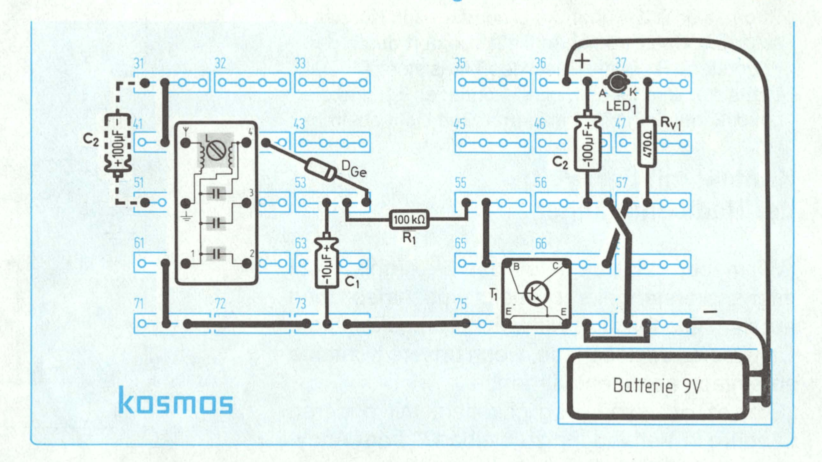
(107) Man baut die Schaltung so auf, wie es die Abbildung zeigt. Der gestrichelt gezeichnete Kondensator C2 interessiert uns im Moment noch nicht.
Da tut sich zunächst noch gar nichts, denn wir haben der Spule ja noch nichts zum „Übertragen" gegeben.

(108) Kondensator C2 wird herausgezogen; er ist – da er direkt mit den Anschlüssen der Batterie verbunden war – prallvoll geladen. Man dreht ihn vorsichtig und ohne die Anschlußdrähte mit den Fingern zu berühren herum und hält ihn an die Steckfedern, die mit Position „Antenne" und „Erde" der einen Spule verbunden sind.

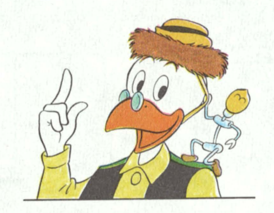


Wichtig! Frische Batterien verwenden.





Die Leuchtdiode blitzt ganz kurz auf (man muß schon sehr genau hinschauen und den Raum vielleicht etwas abdunkeln). Das ist ja nun wirklich erstaunlich, denn die Spule, an die der Kondensator angeschlossen wurde, hat ja keinerlei leitende Verbindung mit dem Rest der Schaltung. Woher kommt das?



Daniel Düsentrieb erklärt:

„Die in C2 gespeicherten Elektronen fließen in den einen Draht der Spule, der bei „Antenne“ beginnt und bei „Erde“ endet. Diese Entladung macht sich im anderen Spulendraht buchstäblich ‚über die Luft‘ bemerkbar: in der anderen Spule fließt ebenfalls ein Strom. Der lädt – über die Diode D – den Kondensator C1. Das Strömchen fließt von dort durch den Widerstand R1 in die Basis des Transistors T1. Der Transistor wird leitend, bis C1 entladen ist, und die Leuchtdiode kann für eine kurze Zeit Licht abstrahlen.“

Kontakt mit der Welt: der Radioempfänger

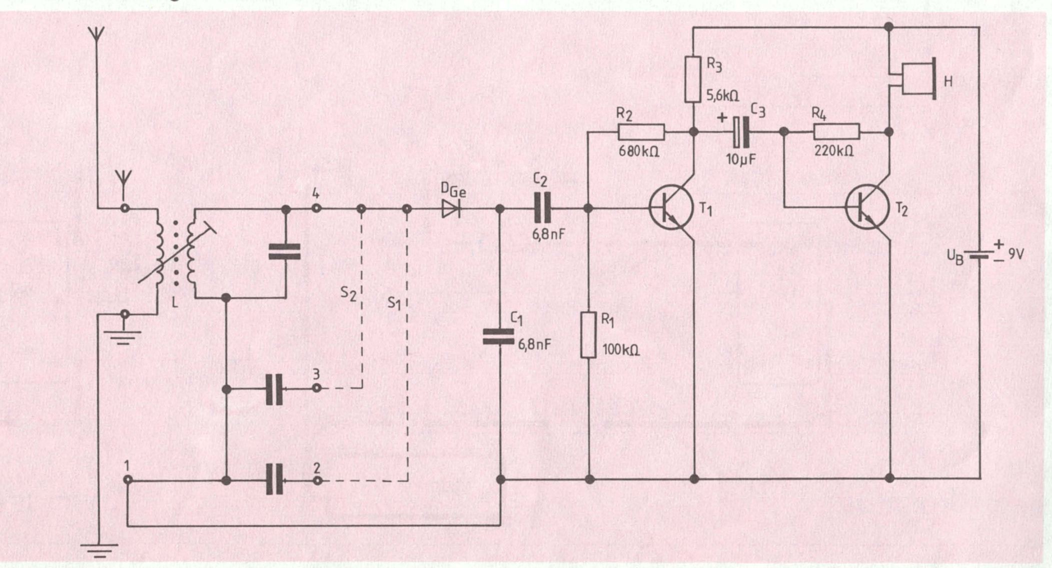
„Wir haben jetzt die Welt der Elektronik recht intensiv kennengelernt“, meint Düsentrieb, „und auf dem Globus sind wir weit herumgekommen. Da wäre es doch schade, wenn unsere Kontakte so einfach abreißen würden.“
„Gibt es da keine Möglichkeiten, mit anderen Ländern in Verbindung zu bleiben?“ fragt Andy.

„Aber Briefe schreiben, das ist nicht unbedingt meine Stärke.“

„Nein, nein“, bestätigt Düsentrieb, „auch auf elektronischem Wege können wir in dieser Richtung etwas tun. Ein kleiner Radioempfänger beispielsweise könnte uns die Neuigkeiten aus aller Welt direkt frei Haus liefern – vorausgesetzt, wir sind im Besitz einer gültigen Genehmigung für Rundfunkempfang.“

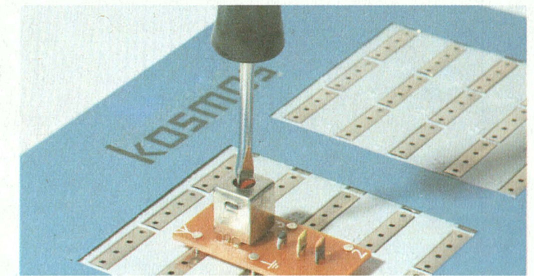
„Das wäre eine prima Idee“, Andy ist begeistert. „Die benötigten Bauteile kennen wir alle“, denkt Düsentrieb kurz nach. „Wir brauchen nur noch einen geeigneten Plan.“ „Sowie Antenne und Erde“, ergänzt Andy.
„Als Antenne besorgen wir uns irgendeinen Draht“, schlägt Düsentrieb vor. „Er sollte ungefähr 6 Meter lang sein. Den können wir an der Zimmerwand isoliert aufspannen. Und dann brauchen wir noch einen zweiten Draht für den Erdanschluß. Der muß zu einem Wasserhahn oder zu einem Heizkörper gehen. Man muß aber aufpassen, daß man nicht einen Teil des Heizkörpers erwischt, der mit Farbe bedeckt ist. Wir brauchen Kontakt zu metallisch blanken Teilen.“

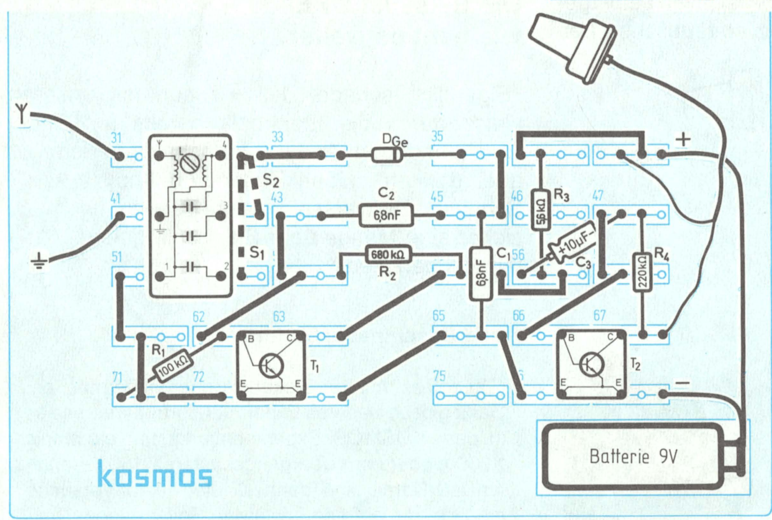
(109) Düsentrieb entnimmt seiner Jackentasche einen Plan. Der sieht genauso aus wie hier abgebildet. Dann holt er aus seinem Bereitschaftskoffer die nötigen Teile heraus und baut die Schaltung nach dem Plan auf der nächsten Seite auf. Den 6 Meter langen Draht schließt er an Position „Antenne“ der Spule als Antenne an. Die Erdleitung verbindet er mit



Position „Erde“ der Spule. Die gestrichelten Linien beachtet er zunächst nicht.
„Ich höre ganz entfernt einen Sender“, berichtet Andy.
„Gut“, sagt Düsentrieb, „dann solltest Du jetzt mal einen Schraubenzieher nehmen und damit den Metallkern in der Spule auf dem Mittelwellenmodul verdrehen (siehe Foto). Aber vorsichtig, niemals mit Gewalt, Du könntest sonst den Kern beschädigen! Er läßt sich auch nur zwei Umdrehungen rauf- bzw. runterdrehen.“
Andy verdreht den Kern solange, bis er den Sender klar und deutlich hört.

(110) Wenn Du andere Sender hören willst“, sagt Düsentrieb jetzt, „dann kannst Du die Drahtbrücke S1 einstecken und dann wieder am Kern drehen. Aber auch das Einstecken der Drahtbrücke S2 könnte einen anderen Sender bringen. Zum Schluß kannst Du auch noch ausprobieren, was passiert, wenn beide Drahtbrücken S1 und S2 eingesteckt sind. Mit dieser einfachen Methode können also verschiedene Sender ausgewählt werden.“
„Jetzt möchte ich aber noch ein bißchen über die Technik des Rundfunkempfangs wissen“, bittet Andy. Und das läßt sich Düsentrieb natürlich nicht zweimal sagen.





Daniel Düsentrieb erklärt:

„Du erinnerst Dich sicher: wir haben Töne, also Schallwellen, dadurch erzeugt, daß wir den Strom durch den Ohrhörer unglaublich schnell verändert haben. Erfolgen diese Änderungen regelmäßig, so spricht man von einer Schwingung und nennt die Häufigkeit der Änderungen pro Sekunde Frequenz. Die Frequenz wird in Hertz, abgekürzt Hz, angegeben. 1Hz bedeutet eine Änderung pro Sekunde, 16kHz sechzehntausend Änderungen pro Sekunde. Die Schwingungen, die unser Ohr verarbeiten kann, liegen etwa zwischen 16Hz und 16kHz; man nennt sie Niederfrequenz, abgekürzt NF.
So, jetzt betrachten wir eine Rundfunk-Sendestation. Dort werden Schwingungen mit außerordentlich hohen Frequenzen erzeugt (sie werden deshalb mit Hochfrequenz – abgekürzt HF – bezeichnet), die über den Sendemast als elektromagnetische Wellen abgestrahlt werden und sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Je nach Frequenz unterscheidet man Lang-, Mittel-, Kurz- oder Ultrakurzwellen. Unser Empfänger ist für Mittelwellen geeignet. Uns interessiert aber eigentlich gar nicht die HF, die unser Ohr ohnehin nicht wahrnehmen kann, sondern die NF, also Sprache und Musik. Deshalb wird die Stärke der Hochfrequenz senderseitig im Takt der NF ganz leicht verändert. Was also unseren Empfänger als Radiowelle erreicht, ist eine HF-Schwingung, die ständig ein bißchen in ihrer Stärke schwankt. Im Empfänger besteht nun die Kunst darin, aus den vielen Radiowellen die gewünschte herauszufischen und die Schwankungen in Töne umzuwandeln. Für die Senderauswahl ist das Zusammenwirken einer Spule mit einem Kondensator – ein sogenannter Schwingkreis – verantwortlich, die Wandlung der HF-Schwankungen in Tonfrequenzen besorgt die Germanium-Diode im Verein mit dem Kondensator C1. Die beiden Transistoren schließlich dienen der Verstärkung, so daß Du im Ohrhörer das Rundfunkprogramm hören kannst.“

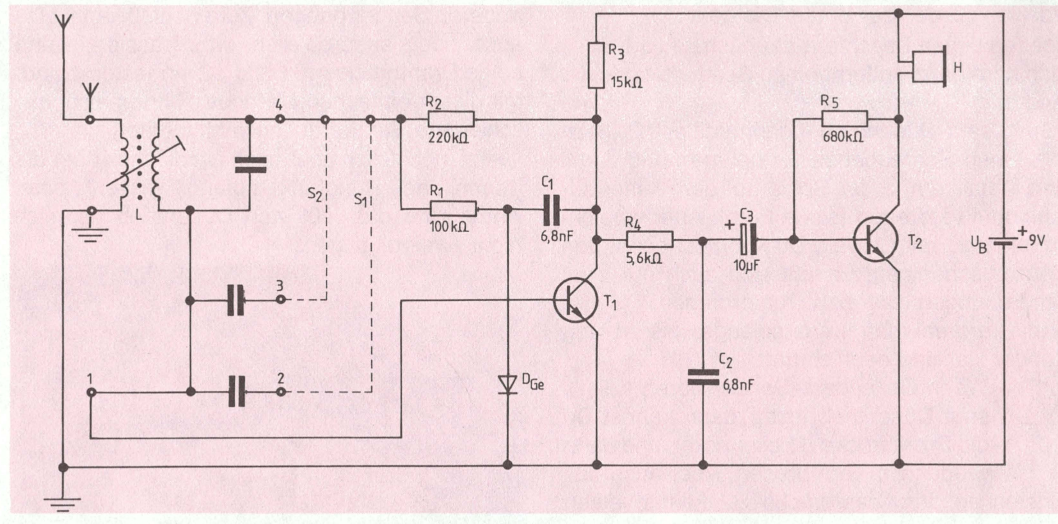


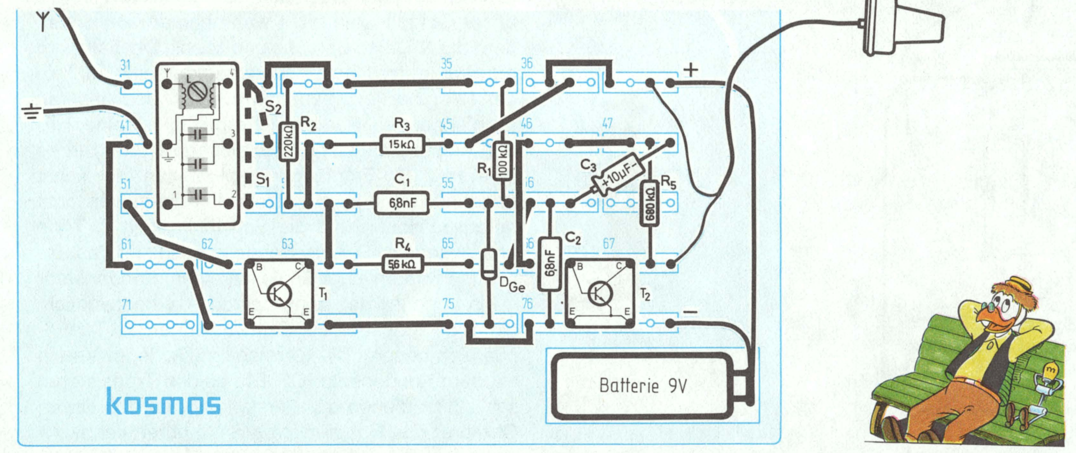
Verbesserter Empfang: der Reflexempfänger

„Es gibt eine Möglichkeit, den Empfang noch zu verbessern", schlägt Düsentrieb vor. „Die Schaltung aus Versuch 110 kann nur Sender empfangen, die ganz in der Nähe sind. Wir wollen jetzt mal ein Gerät bauen, bei dem man durch einen Trick einen Transistor zweimal zur Verstärkung heranzieht. Ein solches Gerät heißt Reflexempfänger."

(111) Düsentrieb baut den Reflexempfänger nach der Abbildung auf. Dabei achtet er streng darauf, daß alle Teile und auch die Drahtbrücken ganz genau so eingesteckt werden, wie es der Plan vorschreibt. Zum Schluß schließt er wieder Antenne und Erde an, wie es in Versuch 109 gemacht wurde.

„Donnerwetter", sagt Andy, der durch Umstecken der Drahtbrücken zur Senderwahl und durch Drehen des Kerns eine ganze Reihe von Sendern empfangen konnte. „Das ist ja ein selbstgebautes Radio mit einer ganz erstaunlichen Leistung!"





Die Reise ist zu Ende – wie geht es weiter?

„Eigentlich schade, daß wir nun mit unserer Reise durch die Elektronik bereits am Ende sind", bedauert Andy. „Zunächst darf ich Dir aber danken", klopft Düsentrieb Andy auf die Schulter, „Du warst ein guter Assistent und hast sicher eine Menge über Elektronik gelernt. Und mir viel geholfen."

Und Düsentrieb fährt fort:

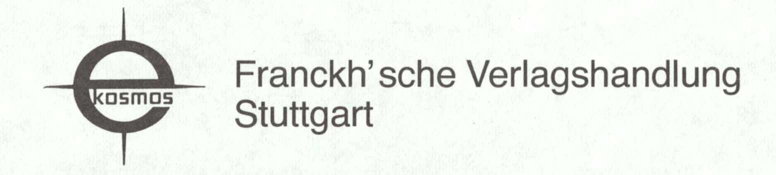
„Du solltest mit der Elektronik aber weitermachen. Dafür gibt es weiteres Experimentiermaterial, wie es in dem KOSMOS Experimentierkasten electronic X2000, oder dem Übergangskasten X 1500 enthalten ist. Damit sind dann all die vielen Versuche möglich, die auf den folgenden Seiten stehen."

Experimentieranleitung

kosmos®

elektronic X 1500 / X 2000

Für die Versuche V 112 bis V 174



Franckh'sche Verlagshandlung
Stuttgart

Inhaltsverzeichnis Teil II

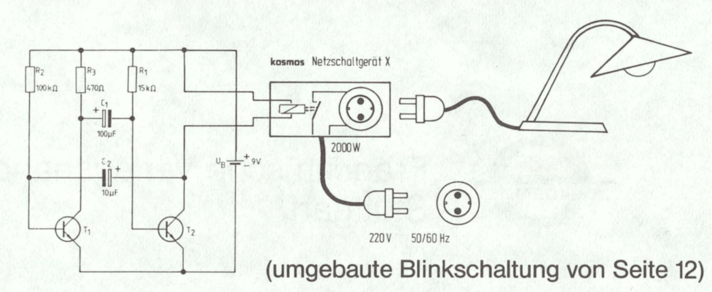
KOSMOS-Netzschaltgerät X 68
KOSMOS-Netzgerät X 68
Herzlich willkommen... 70
Vorbereiten des Schaltpultes 70
Schaltpult an die Steckplatte montiereni 73
17 auf einen Streich 74
Elektronischer Spürhund: findet Leitungen unter Putz 74
Jetzt in Zimmerlautstärke: das Zweiklanghorn 76
Morsesummer mit Umweltschutz: Lautstärken für alle Lebenslagen 78
Verlängerung fürs Ohr: elektronisch lauschen 79
Ein elektronischer Babysitter 80
Macht Töne sichtbar: die Lichtorgel 82
Reagiert auf tobenden Applaus: das Applausometer 83
Stets zu Diensten: elektronischer Geister-Klatschschalter 84
Die Freunde hören mit: Radioempfänger mit Lautsprecher 86
Der zweckentfremdete Verstärker: wie man aus der Not eine Tugend macht 87
Blinken schnell und langsam 88
Doppelwarnblinkanlage 89
Blinker ausgeschaltet? Akustische Kontrolle 89
Rausch der Geschwindigkeit: ein Rennrad-Simulator 90
Zweihand-Elektronik-Pianola: das elektronische Klavier 91
Helligkeit stufenlos einstellen: der Dimmer 92
Immer mit der Ruhe: Fußgängerampel für gemächliche Zeitgenossen 93
Näher beleuchtet: der Fototransistor 94
Anzeiger für Licht und Schatten 95
Reagiert auf schwächstes Licht: der „Lichtverstärker“ 95
Warte bis es dunkel wird: ein automatisches Parklicht 96
Im Reich der Tiere: Entengeschnatter durch Licht und Schatten 97
Nützliche Hilfe fürs Fotolabor: ein vollautomatischer Belichtungszeitgeber 98
Wer ist schneller? Ein elektronischer Reaktionstester 99
Fehlersuche 100

KOSMOS-Netzgerät X
Bestell-Nr. 617 811

Den Ärger über verbrauchte Batterien kann man sich ersparen, wenn man über das KOSMOS-Netzgerät X seinen Strom aus der Steckdose bezieht: Es liefert eine elektronisch stabilisierte Gleichspannung von 9V.

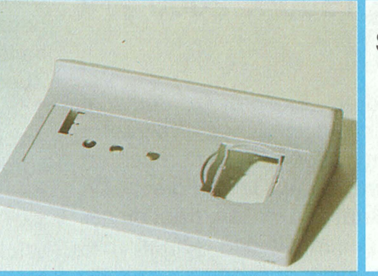
KOSMOS-Netzschaltgerät X
Bestell-Nr. 617 911

Selbst aus einer unscheinbaren Experimentierschaltung kann oft ein praktisch einsetzbares Gerät werden, wenn man zusätzlich das KOSMOS-Netzschaltgerät verwendet: Es enthält auf der **Schwachstromseite** zwei Anschlußleitungen, die mit der Elektronikschaltung verbunden werden (Leuchtdiode und 470 Ω-Vorwiderstand herausziehen, Anschlußleitungen stattdessen einstecken), und auf der **Starkstromseite** einen Netzstecker, der in jede Schuko-Steckdose eingesteckt werden kann. Das KOSMOS-Netzschaltgerät besitzt selbst eine Steckdose zum Anschluß von 220V-Lampen, Haushaltsgeräten, Radios, Cassettenrecordern und dergleichen, die durch die Elektronik ein- und ausgeschaltet werden können.
Schwachstrom- und Starkstromseite sind durch ein Relais nach VDE vollkommen voneinander getrennt!



(umgebaute Blinkschaltung von Seite 12)

Die neuen Teile des electronic X 2000



Schaltpult

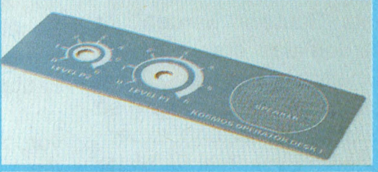


Aufbaudarstellung



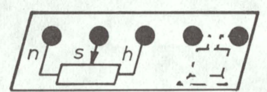


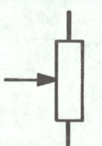
Lautsprecher

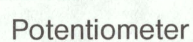


Dekorplatte

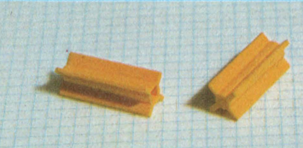




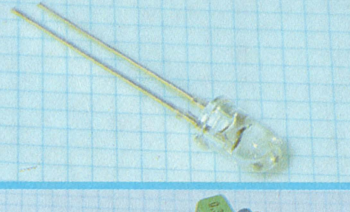




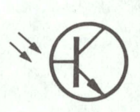
Potentiometer



Verbindungsstifte



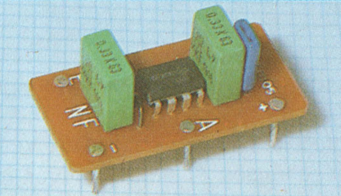


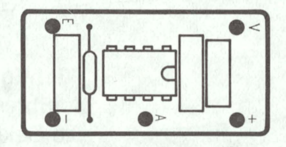


Fototransistor

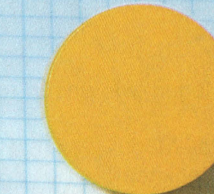


Schrauben für Poti-Modul





Verstärker-Modul



Drehknopf

Elektronik X 1500/X 2000

Herzlich willkommen...

im Kreise der „Explorer". Explorer (zu deutsch: Erforscher) hieß ein erfolgreiches Weltraum-Erforschungsprogramm der USA in den Jahren 1958 bis 1975, und weil wir uns ja als Forscher in Sachen Elektronik betätigen wollen, trägt dieser Experimentierkasten ebenfalls den Namen „Explorer".

Neue, hochinteressante Bauteile werden wir kennenlernen. Wir werden das erste Mal mit einem Integrierten Schaltkreis arbeiten (IC = engl. Integrated Circuit), und damit man so richtig nach Herzenslust forschen und experimentieren kann, wird unsere Experimentierplatte um ein schickes Bediener-Pult („operator-desk") erweitert. Dieses Pult läßt sich mit den KOSMOS-Elektronik-Experimentierkästen „electronic X 3000" und „electronic X 4000" später sogar noch ausbauen.

Die übrigen Montagearbeiten sind im ersten Teil des Buches beschrieben; wir setzen voraus, daß die Versuche 1 – 111 erfolgreich durchgeführt wurden.

Aber beginnen wir gleich mit dem Zusammenbau des Bedienpultes, mit ein paar Handgriffen werden wir diese vorbereitende Arbeit erledigt haben.

Vorbereiten des Schaltpultes

Zur Montage des Schaltpultes legen wir uns zunächst folgende Teile zurecht:

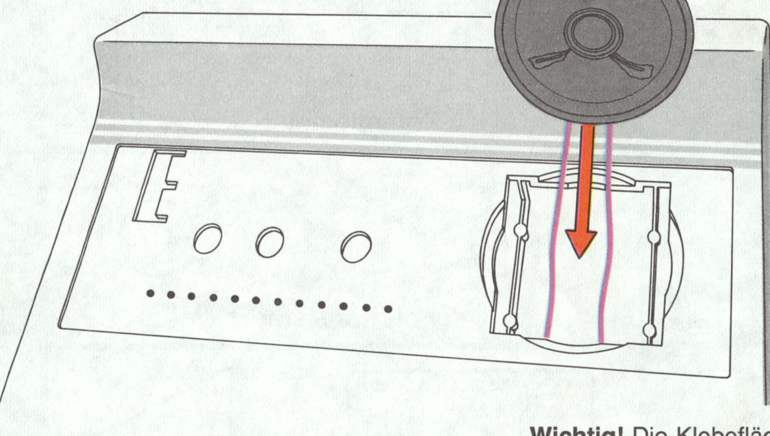
Das Schaltpult,	das Poti-Modul,
den Lautsprecher,	den Drehknopf
die Dekorplatte,	und die Schrauben.

Darüberhinaus werden noch ein kleiner Schraubenzieher, ein Küchentuch und etwas Haushaltsspülmittel benötigt.

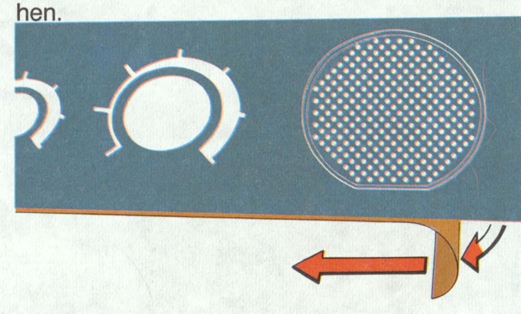
Zuerst wird mit Spülmittel und Wasser die Schaltpultoberseite abgewaschen. Dies ist notwendig, damit später die Klebeschicht der Dekorplatte gut hält. Durch das Spritzgießen können nämlich auf dem Pultgehäuse Spuren von Fett und Trennmittel sein.

Wichtig! Das Spülmittel muß mit viel Wasser abgewaschen werden. Anschließend das Schaltpult wieder sauber trocken reiben.

Wir legen dann, wie es die Abbildung zeigt, den Lautsprecher in die runde Ausformung ein. Die beiden Anschlußleitungen sollen dabei zur Pultvorderseite (nach unten) herausgeführt werden.



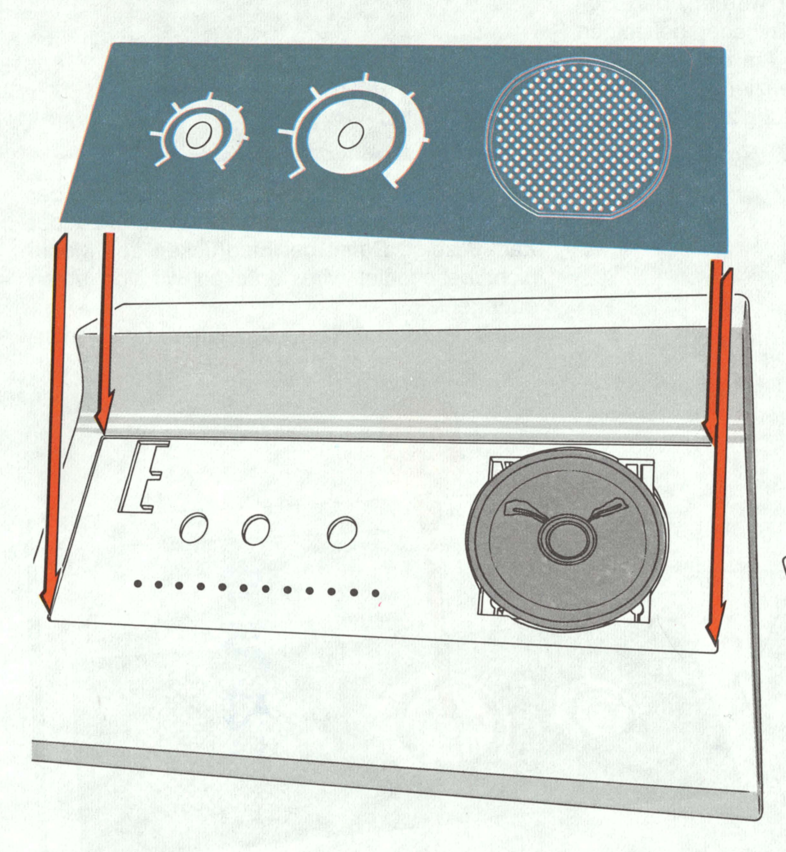
Nun nehmen wir die Dekorplatte und lösen von der Rückseite das Schutzpapier ab. Wenn wir eine Ecke vorsichtig in beide Richtungen biegen, läßt sich das Papier anfassen und leicht abziehen.



Wichtig! Die Klebefläche nicht mit den Fingern berühren.

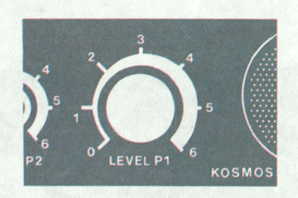
Die Dekorplatte wird nun vorsichtig in die Vertiefung des Pultgehäuses eingepaßt und kräftig angedrückt.

Nun drehen wir das Pultgehäuse um und legen das Poti-Modul so ein, daß wir auf die Leiterbahnen und die 5 Stifte sehen. Das Modul wird an der linken Seite des Schaltpultes (neben dem Lautsprecher) befestigt. Gehalten wird das Poti-Modul an der einen Seite von zwei Schrauben, unter diese werden die beiden Ösen der Lautsprecherleitungen geklemmt. Die Abbildung zeigt, wo die beiden Schrauben eingedreht werden müssen.



Wichtig! Im Bereich des Lautsprechers dürfen wir nur am Rand drücken, da sonst die Dekorplatte mit der Lautsprechermembran verkleben kann.

Wichtig! Die beiden Lautsprecherleitungen an den beiden links außen liegenden Leiterbahnen festschrauben.
Am Pultrand wird eine dritte Schraube eingedreht.
Jetzt wird der Drehknopf bei LEVEL P1 eingesteckt. Dabei muß beachtet werden, daß Poti und Drehknopfachse nicht in jeder beliebigen Stellung zusammenpassen. Am besten drehen wir mit dem kleinen Schraubenzieher die Potiaufnahme so, wie es die Abbildung zeigt (Blick von der Dekorplatte).



Der Drehknopf wird nun so eingesteckt, daß der Markierungspunkt (auf der Oberseite) zu der Zahl 3 zeigt. Damit bei Eindrücken das Modul nicht beschädigt wird, drücken wir von unten dagegen.
Damit ist das Schaltpultgehäuse fertig montiert.

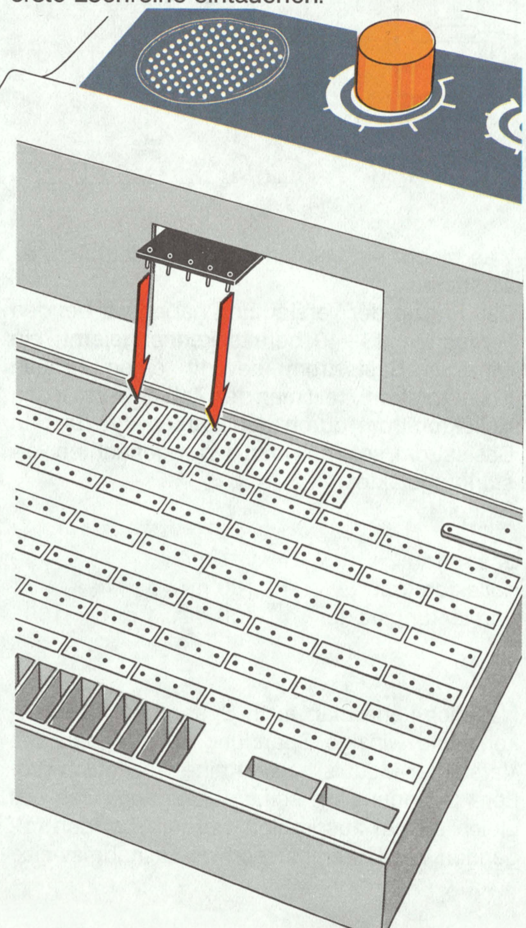
Wichtig! Die beiden Leitungen an den Leiterbahnen links außen festschrauben und zwar so, daß die Ösen auf der Leiterbahn liegen.

Schaltpult an die Steckplatte montieren

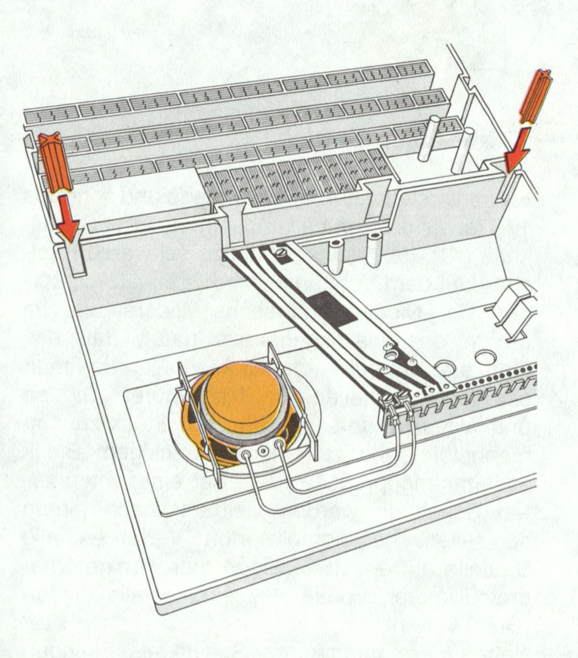
In die Steckplatte müssen zuerst die neuen Steckfedern eingesteckt werden. Wir achten darauf, daß die Federn hörbar einrasten.

Wichtig! Nicht bestückt werden folgende Aussparungen: 10 – 11 - 17 – 18 und die dazwischenliegenden, quer angeordneten 12 Steckfedern.

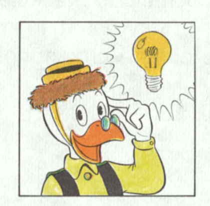
Das Schaltpultgehäuse wird von oben an die Steckplatte angesteckt. Die fünf Kontaktstifte müssen dabei in die entsprechenden Steckfedern eintauchen.
Wichtig! Die Stifte müssen in die fünf links angeordneten Steckfedern und zwar in die erste Lochreihe eintauchen.



Wir können jetzt die Einheit Schaltpult/Steckplatte vorsichtig umdrehen und von unten in die äußeren Führungen jeweils einen Verbindungsstift einstecken.
Damit ist die Montagearbeit abgeschlossen.

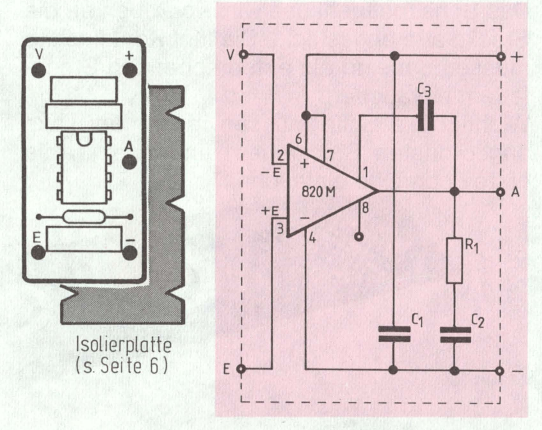


Die dem Kasten beiliegenden Drahtstücke, biegen wir entsprechend der Anleitung auf Seite 7.



17 auf einen Streich

Kaum vorstellbar, aber wahr: sage und schreibe 17 Transistoren enthält unser Integrierter Schaltkreis (IC), das kleine 8-beinige schwarze Kästchen auf dem Verstärker-Modul! Zusätzlich sorgen vier Dioden und sechs Widerstände im Innern des Plastikgehäuses dafür, daß das Ganze als Verstärker funktioniert. Nun darf man sich nicht vorstellen, die Transistoren, Dioden und Widerstände seien Stück für Stück zusammengelötet und zu einem viereckigem Block zusammengepreßt worden; bei einer Integrierten Schaltung werden vielmehr nach einem speziellen, hochkomplizierten Verfahren alle Bauteile auf einem winzigen, nur wenige Quadratmillimeter großen Halbleiterkristallplättchen (Chip) vereint.
Neben dem Integrierten Schaltkreis befinden sich auf dem Verstärkermodul noch ein Widerstand und drei Kondensatoren, die im wesentlichen nur die Aufgabe haben, äußere Störeinflüsse vom IC fernzuhalten.
In unseren Schaltbildern werden wir das Gesamtmodul als ein einziges Dreieck darstellen, einfach weil es sich hier um eine Verstärkereinheit handelt und Verstärker in der Elektronik stets als Dreieck symbolisiert werden.



Was macht ein Verstärkermodul? Natürlich, es verstärkt.
Das Prinzip der Verstärkung haben wir bei den Versuchen 33–40 bereits kennengelernt: ein winziger Basisstrom bewirkt einen großen Kollektorstrom. Teilt man den Zahlenwert für den Kollektorstrom durch den Zahlenwert für den Basisstrom, so erhält man den sogenannten Verstärkungsfaktor.
Beispiel:

Basisstrom	=	1 mA
Kollektorstrom	=	100 mA
Verstärkungsfaktor	=	100 mA: 1 mA = 100

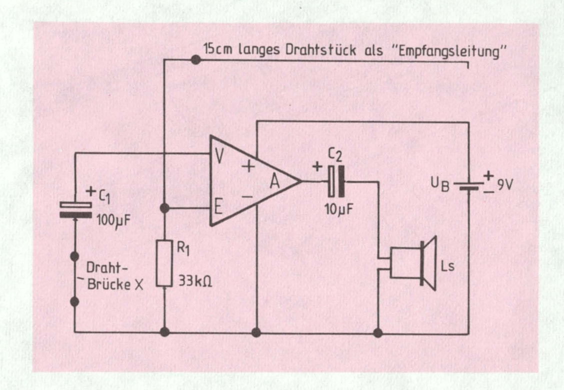
Natürlich kann man auch Spannungen verstärken: eine winzige Spannung am Eingang des Verstärker-Moduls bewirkt eine wesentlich größere Spannung an seinem Ausgang. Das soll gleich einmal ausprobiert werden (bei den folgenden Versuchen müssen wir ausnahmsweise von der Benutzung des KOSMOS Netzgerätes X abraten, da diese Versuche wesentlich eindrucksvoller bei Versorgung aus einer Batterie gelingen).

Elektronischer Spürhund: findet Leitungen unter Putz

Jeder Heimwerker benötigt ein Gerät, mit dem er feststellen kann, wo sich stromführende Leitungen in der Wand befinden. Unser Verstärkermodul ist hervorragend für den Selbstbau eines solchen Leitungssuchers geeignet.

(112) Wir bauen den elektronischen Spürhund gemäß der Abbildung auf und schließen die Batterie an. (Siehe Abb. n. Seite).

In den allermeisten Fällen wird jetzt lediglich ein gedämpftes Rauschen aus dem Lautsprecher hörbar sein. Wer allerdings in unmittelbarer Nachbarschaft eines Rundfunksenders wohnt, wird diesen Sender mehr oder weniger deutlich empfangen können.
Es ist aber auch möglich, daß das Gerät einen anhaltenden Summton abgibt; das ist mit ziemli-

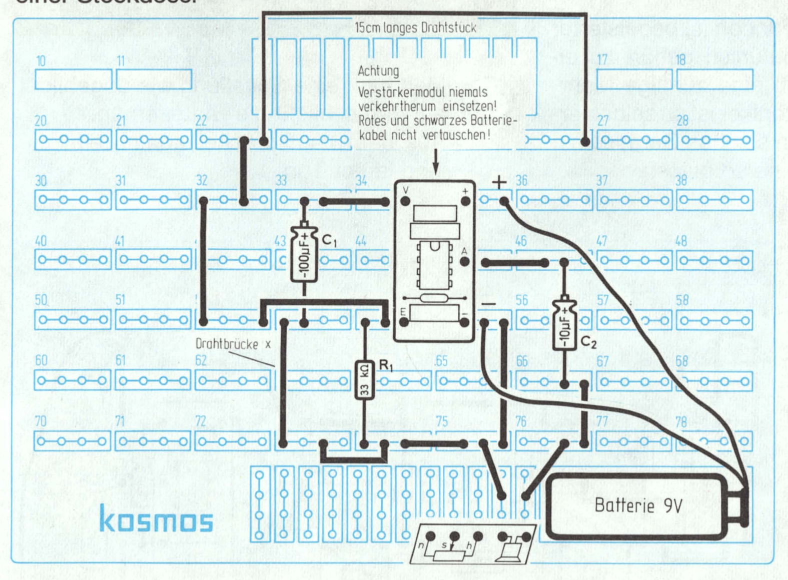


cher Sicherheit dann der Fall, wenn in der Nähe eine Leuchtstofflampe in Betrieb ist. Um das Suchergebnis nicht zu verfälschen, muß diese gegebenenfalls abgeschaltet werden.

(113) Man nimmt jetzt den Experimentieraufbau in die Hand und fährt mit der Rückseite (also dort, wo sich die „Empfangsleitung befindet) auf der Wand entlang – zum Ausprobieren vielleicht einmal in der Nähe einer Steckdose.

Beim Entlangfahren an der Wand werden wir mit Hilfe eines stärker oder schwächer werdenden Summtons sehr bald exakt bestimmen können, wie die Leitungen in der Wand verlegt sind – vorausgesetzt natürlich, daß diese nicht zu tief liegen.

Selbstverständlich darf niemals ein Draht oder Bauteil unseres Experimentieraufbaus in die Steckdose gesteckt werden!





(114) Wir ziehen jetzt das rechte, freie Ende der „Empfangsleitung" vorsichtig heraus, lassen das linke Ende aber eingesteckt und berühren nun mit dem freien Ende ein metallisch blankes Teil eines Heizkörpers oder einen Wasserhahn.

Sieh da! Unser Leitungssucher ist zum Radiogerät geworden. Die Empfangsfreude wird aber nur mäßig sein: wahrscheinlich werden wir mehrere Sender gleichzeitig und diese auch ziemlich verzerrt hören.

Das Verstärker-Modul kann winzige Spannungen verstärken, das wollten wir nachweisen. Daniel Düsentrieb sagt uns nun, was sich bei unseren Versuchen abgespielt hat.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Es wird jedem aufgefallen sein, daß unser Verstärkermodul zwei Eingänge hat; einer ist mit ‚E' und der andere mit ‚V' bezeichnet. Das, was verstärkt werden soll, wird an ‚E' angelegt. Mit ‚V' hingegen kann der Verstärkungsfaktor eingestellt werden: Wird die höchstmögliche Verstärkung von etwa 5000 gewünscht, so schaltet man von ‚V' zum Minuspol der Batterie lediglich einen Kondensator. Soll die Verstärkung gedrosselt werden, so wird ein Widerstand in Reihe mit dem Kondensator geschaltet. Je größer dieser Reihenwiderstand, desto kleiner die Verstärkung.

Die verstärkte Spannung steht am Ausgang zur Verfügung, der auf dem Modul mit ‚A' bezeichnet wird. Dieser Ausgang ist außerordentlich leistungsstark: er stellt nicht nur die verstärkte Spannung, sondern stets auch genügend Strom zur Verfügung, der z.B. für den Betrieb eines Lautsprechers ausreicht."

Der Modulanschluß ‚+' muß stets mit dem positiven Pol der Batterie und ‚-' mit dem negativen Pol verbunden werden; das darf auf keinen Fall verwechselt werden, der Integrierte Schaltkreis würde es übelnehmen, sich übermäßig erhitzen und kaputt gehen.

Läßt man den Eingang ‚E' des Verstärkers offen, d.h. schließt man z.B. nur ein Drahtstück an (und das haben wir ja in den Versuchen 112 bis 114 getan), so „fängt" sich der Verstärker aus seiner Umgebung Störungen ein: stromführende Leitungen in den Wänden, laufende Bohrmaschinen, Leuchtstofflampen oder Waschmaschinen übertragen auf die „Empfangsleitung" durch die Luft winzigste Spannungen, welche nun gewaltig verstärkt und im Lautsprecher hörbar werden. Auch Radiowellen produzieren solche Mini-Spannungen, mit Hilfe der im IC integrierten Dioden wird – wie wir bereits bei den Versuchen 109 und 111 feststellen konnten – die Sprache und Musik herausgefischt, und das Modul wirkt wie ein Radio (das allerdings die Sender nicht voneinander trennen kann).
Ein einfacher Draht ergibt in diesem Fall eine gute Antenne, und wenn wir ihn an die Heizung oder Wasserleitung halten, wird die Antennenwirkung sogar noch vergrößert. Wir sehen, daß eine derart hohe Verstärkung unter Umständen sehr unangenehm sein kann, und wollen im nächsten Versuch daher schleunigst einmal den Verstärkungsfaktor herabsetzen.

(115) Wir ersetzen die Drahtbrücke X im Aufbaubild bei Versuch 113 durch einen 100 Ω-Widerstand (braun-schwarz-braun) und wiederholen die Versuche 112 bis 114. Der „Empfang" der beschriebenen Störungen wird nun etwas schwächer sein.



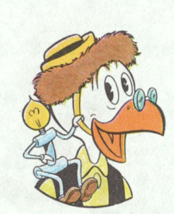
Wir ziehen den 100Ω-Widerstand heraus und ersetzen ihn durch einen 470Ω-Widerstand (gelb-violett-braun).
Man wird jetzt bestenfalls ganz, ganz leise etwas hören können.

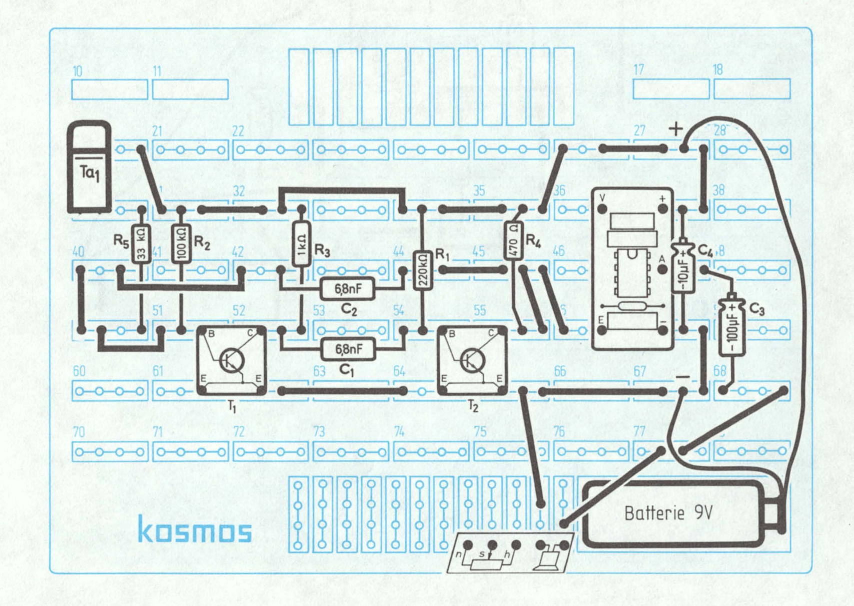
Jetzt in Zimmerlautstärke: das Zweiklanghorn

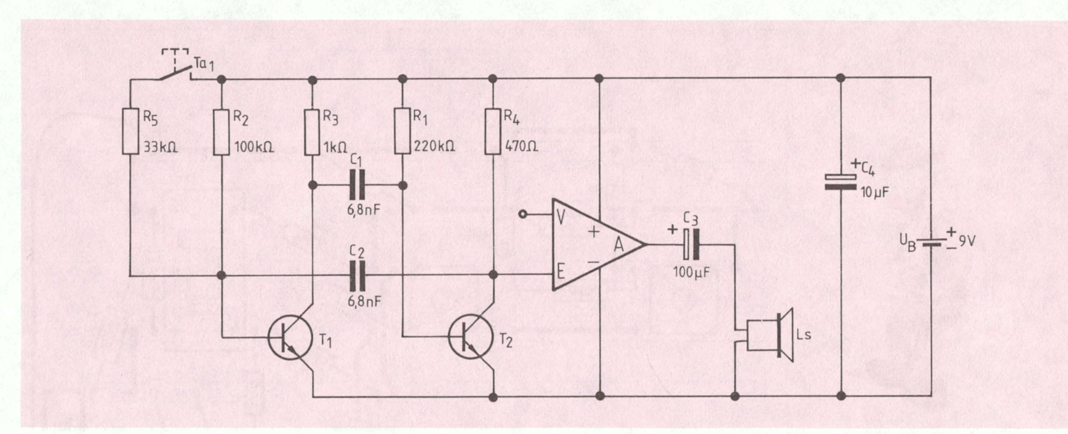


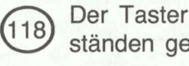
Einer von Düsentriebs Freunden ist begeisterter Sportwagenfahrer. Und natürlich gehört zu einem schicken Flitzer auch eine zünftige Mehrtonhupe. Für findige Elektroniker ist es selbstverständlich kein Problem, ein solches Gerät selbst zu bauen. Düsentrieb hat es so gelöst:

(117) Man baut eine Schaltung wie abgebildet auf und schließt die Batterien an.
Aus dem Lautsprecher kommt ein gellend lauter Ton.





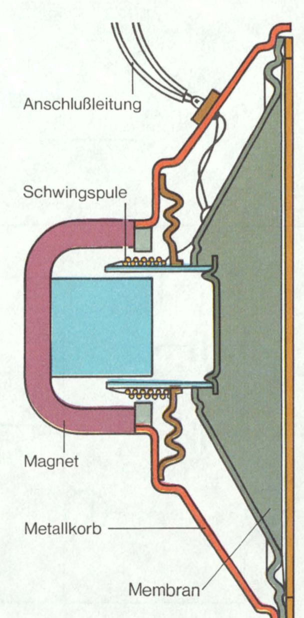



Der Taster wird nun in kurzen Zeitabständen gedrückt und wieder losgelassen.

Das Zweiklanghorn ist perfekt: In schriller Lautstärke sorgt dieses nützliche Gerät jederzeit für freie Bahn. „Für einen forschen Radfahrer wäre das eigentlich auch eine gute Sache“, bemerkt Düsentrieb schmunzelnd, und er kann gleich noch mit einer zusätzlichen Idee aufwarten:

(119) Düsentrieb zieht den 33kΩ-Widerstand (orange-orange-orange) heraus und ersetzt ihn durch einen 15kΩ-Widerstand (braun-grün-orange).

Wenn man jetzt den Taster drückt, wird der Ton noch höher und schriller.





Daniel Düsentrieb erklärt:

„Leute mit Scharfblick haben längst erkannt, daß der linke Teil der Schaltung ein alter Bekannter aus Versuch 66 ist. Aber das Verstärkermodul ist merkwürdig angeschlossen: an seinen Eingang ‚V‘ ist nämlich nichts angeschlossen! Dazu merken wir uns: Läßt man den Eingang ‚V‘ unbeschaltet, so arbeitet das Verstärkermodul mit dem Verstärkungsfaktor 1, d.h. es verstärkt gar nicht. Das scheint nun einigermaßen unsinnig zu sein, denn was soll ein Verstärker, der nicht verstärkt? Die Antwort ist einfach: Aus meiner Erklärung nach Versuch 114 wissen wir, daß das Modul in der Lage ist, einen genügend hohen Strom aufzubringen, um einen Lautsprecherbetrieb zu ermöglichen; in dieser Schaltung dient es ausschließlich diesem Zweck.
Und noch eine weitere Besonderheit muß erläutert werden. Der Lautsprecher ist in Reihe mit dem Kondensator C3 von 100µF geschaltet. Dies ist erstaunlich, denn uns ist ja bekannt, daß Kondensatoren gar keinen Strom passieren lassen, sondern sich lediglich auf- und wieder entladen können. Aber genau das ist es, was wir uns hier zunutze machen: Das ständige Auf- und Entladen des Kondensators hat einen laufend wechselnden Strom durch den Lautsprecher zur Folge. Man nennt diesen Strom daher Wechselstrom.“

Morsesummer mit Umweltschutz: Lautstärken für alle Lebenslagen

Düsentriebs Nachbar hat schwache Nerven. „Ihr Morsegerät bringt mich um“, lamentiert er, wenn Düsentrieb abends an seinen Freund Buddel, den Archäologen in Ägypten, die neuesten Nachrichten morst. „Stecken Sie doch den Lautsprecher unter ein Kissen!“ Aber Düsentrieb geht solchem Ärger elegant auf elektronische Weise aus dem Weg. Durch eine Reihe von Experimenten ermittelt er, wie der Verstärkungsfaktor eingestellt werden muß, damit seine Umwelt sich nicht gestört fühlt.




Er baut einen Morsesummer mit Verstärker so auf, wie es die Abbildung zeigt. Den Widerstand R7 steckt er zunächst nicht ein.

Der Morsesummer arbeitet jetzt zwar, aber natürlich ist noch nichts zu hören, da in die Lautsprecherleitung der Taster geschaltet ist.

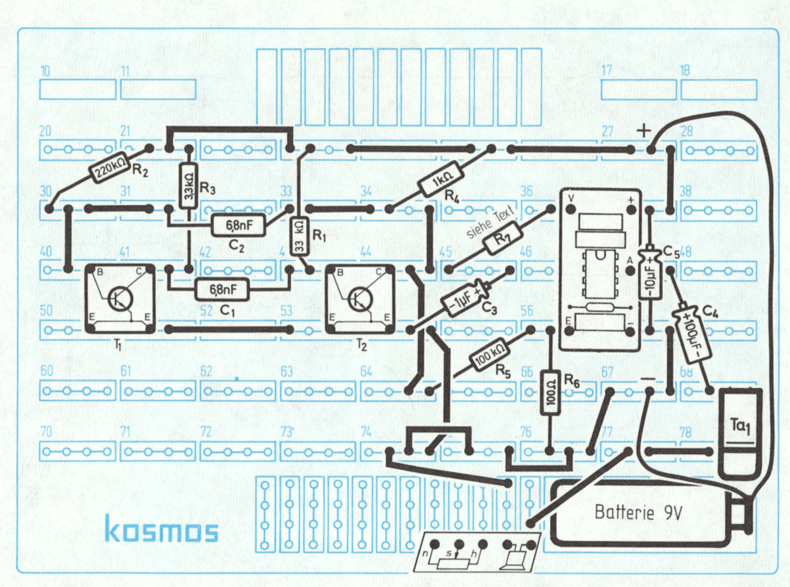
Düsentrieb betätigt den Taster und macht zur Probe ein paar Morseübungen.

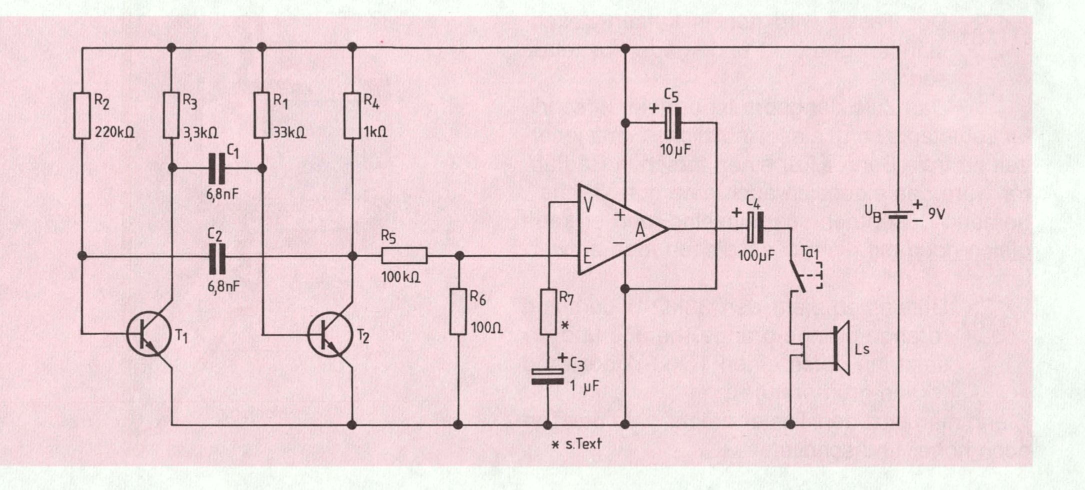
Der Ton, den der Lautsprecher abgibt, ist so leise, daß man sich schon ordentlich anstrengen muß, um überhaupt etwas zu hören.

(121) Für R7 wird jetzt ein 470Ω-Widerstand (gelb-violett-braun) eingesetzt und die Morsetaste betätigt.

Der Ton ist jetzt schon wesentlich lauter, aber Düsentrieb probiert noch einen weiteren Wert aus:


Der 470-Ω-Widerstand wird herausgezogen und stattdessen ein 10-Ω-Widerstand (braun-schwarz-schwarz) eingesteckt.





„Das letzte ist zu laut, aber das davor war zu leise“, murmelt Düsentrieb, „wie kann man zu einem Wert dazwischen gelangen? – Na, das ist doch sonnenklar,“ ruft er nach kurzem Nachdenken aus, „man muß ja nur...“.

Welche Idee hatte der findige Düsentrieb wohl?

Lösung: Er hat zwei 470Ω-Widerstände parallel geschaltet, so daß sich daraus ein Gesamtwiderstand von 235Ω ergab).

Zum Schluß probiert Düsentrieb noch aus, ob ein tiefer Ton nicht vielleicht für die Ohren seines Nachbarn angenehmer klingen könnte.



Er zieht den 220k Ω-Widerstand R2 (rot-rot-gelb) heraus und steckt einen 680kΩ-Widerstand (blau-grau-gelb) stattdessen ein.

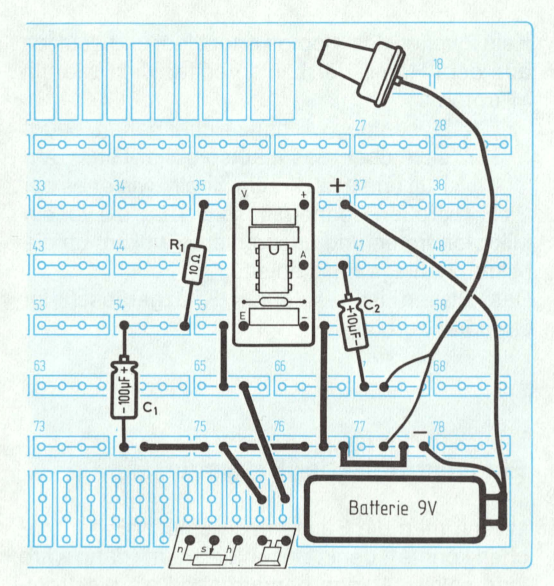
„Dieser Ton wirkt so einschläfernd“, stellt Düsentrieb fest, „daß sich wohl niemand mehr beklagen wird. Aber hat das eigentlich noch etwas mit einem Morsesummer zu tun?“

Verlängerung fürs Ohr: elektronisch lauschen

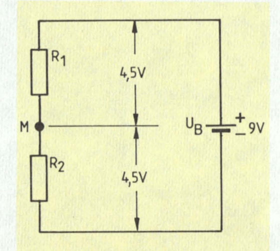
Wenn Düsentrieb neue Dinge erfindet (und das ist ja seine Hauptbeschäftigung!), kennt sein Einfallsreichtum keine Grenzen. „Ich habe herausgefunden“, erklärt er stolz, „daß man einen gewöhnlichen Lautsprecher auch als Mikrofon benutzen kann. Ich kann das gleich einmal vorführen.“



Düsentrieb baut eine Mikrofon-Anlage nach der Abbildung auf. Er steckt den Ohrhörer ins Ohr und klopft nun vorsichtig auf das Pultgehäuse.





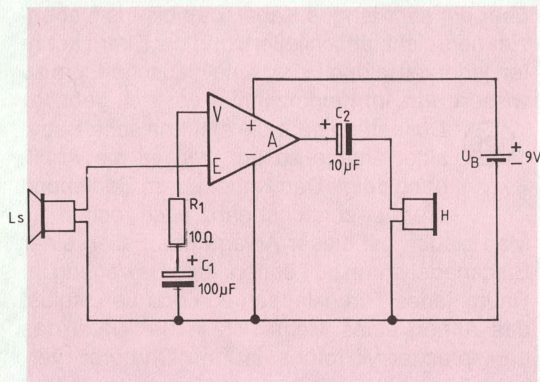


Daniel Düsentrieb erklärt:

„Das Besondere dieser Schaltung liegt in der Reihenschaltung von R5 und R6: die beiden Widerstände bilden einen Spannungsteiler, und diesen Begriff wollen wir kurz näher betrachten.

Die Abbildung rechts in der Mitte zeigt einen Spannungsteiler mit 2 gleichgroßen Widerständen R1 und R2. Die elektrische Spannung, also der ‚Druck‘, dem diese Reihenschaltung ausgesetzt ist, beträgt 9V. Durch die bremsende Wirkung von Widerstand R1 ist der ‚Druck‘ am Punkt M auf die Hälfte abgesunken. Wir könnten bei M also eine Spannung von nur noch 4,5 Volt messen. Man sieht: der ‚Druck‘, die elektrische Spannung also, wird durch die Widerstände in zwei Teile geteilt; daher der Begriff ‚Spannungsteiler‘. Natürlich können die Widerstände auch unterschiedliche Ohm-Werte haben. In der Schaltung von Versuch 120 ist der Widerstand R5 genau 1000 mal größer als R6, und so vermindert R5 logischerweise den Druck 1000 mal stärker als R6. An R6 bleibt nur noch die tausendfach geschwächte Kollektor-Spannung von T2 übrig, und die führen wir dem Eingang ‚E‘ des Verstärkers zu.

Wir merken uns: Ein Spannungsteiler kann eine Spannung in beliebige Teilspannungen unterteilen, man kann ihn als Spannungsabschwächer benutzen.“



Kein Zweifel, das Klopfen ertönt laut und deutlich aus dem Hörer: der Lautsprecher wirkt wie ein Mikrofon.



Düsentrieb will ganz sicher gehen, beugt sich über das Lautsprecher-Gitter am Pult und bläst kräftig hinein, wie er es bei großen Rednern gesehen hat, die vor ein Mikrofon treten und ausprobieren wollen, ob die Mikrofonanlage funktioniert.

Das Blasen ist als lautes Kratzgeräusch im Ohrhörer zu hören.

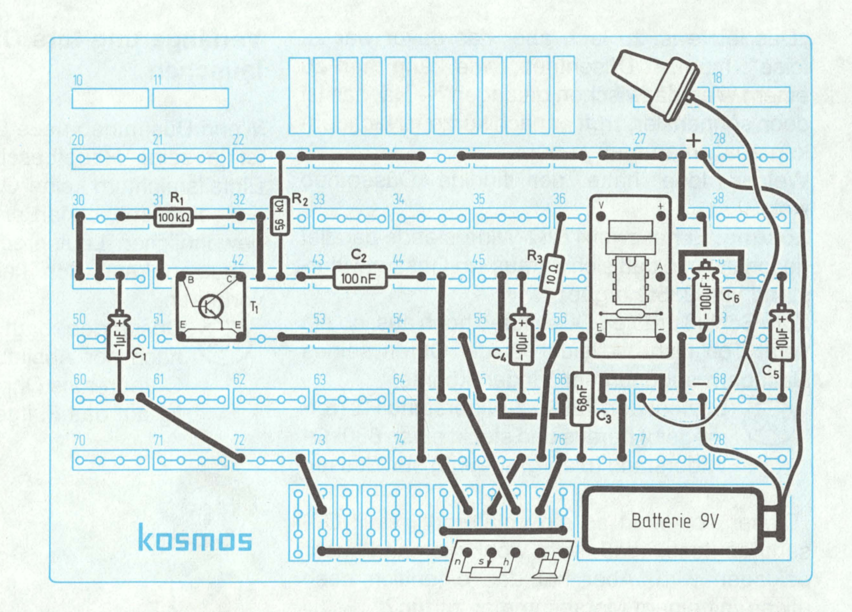
Ein elektronischer Babysitter

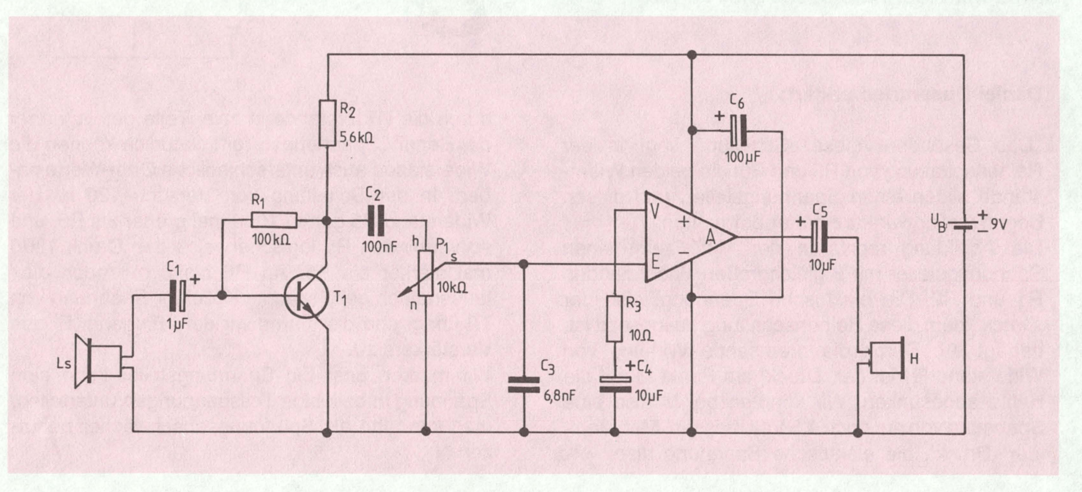
„Wenn man die Sache noch empfindlicher machen könnte“, denkt Düsentrieb laut, „dann wäre eine solche Anlage hervorragend als elektronischer Babysitter einsetzbar: Das Gerät mit dem Lautsprecher als Mikrofon müßte dann im Kinderzimmer stehen, den Ohrhörer würde man über ein sehr langes Kabel, das bis ins Nebenzimmer reicht, anschließen, und die Eltern könnten jederzeit in den Hörer hineinlauschen, um zu wissen, was im Kinderzimmer vor sich geht.“



Düsentrieb baut die elektronische Babysitter-Anlage so auf, wie es die Abbildung zeigt. Den Knopf P1 im Bedienpult dreht er zunächst ganz nach rechts.

Man glaubt, mit dieser Anlage das Fallen einer Stecknadel hören zu können: jede Bewegung im Raum, jedes Türenklappen von draußen, selbst das Atmen eines Menschen in der Nähe des Lautsprecher-Mikrofons ist im Ohrhörer vernehmbar.





„Das ist ja Spitze", freut sich Düsentrieb, „aber diese extreme Empfindlichkeit kann ja fast lästig werden. Wir wollen das Potentiometer P1 mal etwas zurückdrehen."



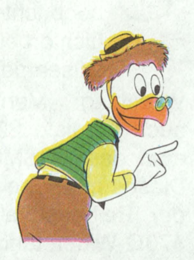
Düsentrieb dreht den Knopf P1 etwas nach links und ermittelt so die Empfindlichkeit, die er für seine Zwecke für nützlich hält.

„Ich erinnere mich", überlegt Düsentrieb, „daß bei Radiosendungen, in denen die Rundfunkteilnehmer anrufen dürfen, manchmal ein furchtbares Quietschen entsteht. Ich glaube, das können wir mit unserer Mikrofonanlage auch produzieren."



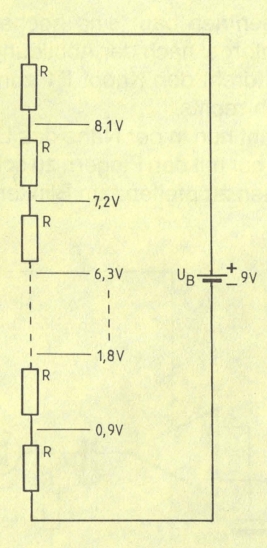
Er dreht den Knopf P1 wieder ganz nach rechts und hält den Ohrhörer mit dem kleinen Loch nach unten dicht über das Lautsprecher-Gitter.

Sofort ertönt ein unangenehmer Pfeifton aus dem Ohrhörer. „Aha", stellt Düsentrieb befriedigt fest, „das ist die berühmte akustische Rückkopplung. Über die wollen wir gleich mal sprechen."

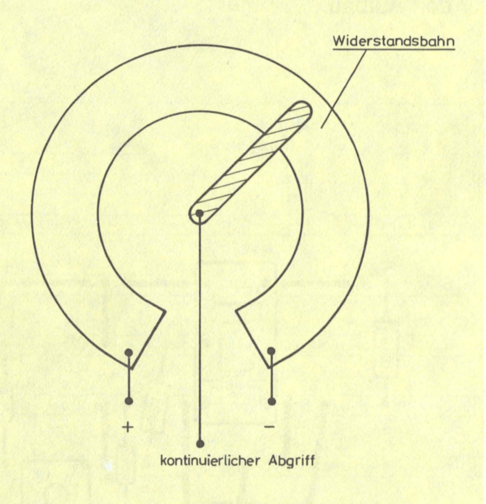


Daniel Düsentrieb erklärt:

„Eine akustische Rückkopplung tritt auf, wenn Schallwellen eines Lautsprechers auf ein Mikrofon treffen, das an die gleiche Anlage angeschlossen ist. Nehmen wir an, im Raum ist es mucksmäuschenstill. Dann wird nichts passieren. Aber das kleinste Geräusch – und sei es nur das Atmen eines Menschen – wird vom Mikrofon aufgefangen, vom Verstärker gewaltig verstärkt und vom Lautsprecher abgestrahlt. Das verstärkte Geräusch aus dem Lautsprecher trifft auf das Mikrofon, wird wiederum verstärkt usw.: Das System „Mikrofon-Verstärker-Lautsprecher" beginnt zu schwingen, was sich als gräßliches Pfeifkonzert äußert.



Wir wollen auch gleich eine neues Bauelement kennenlernen, das wir hier das erste Mal eingesetzt haben: das Potentiometer. Wir stellen uns mal vor, wir hätten einen Spannungsteiler aus 10 gleichgroßen Widerständen, wie sie hier abgebildet sind. An diesem Spannungsteiler kann man durch Umschalten neun verschiedene Teilspannungen einstellen – von 0,9V bis 8,1V. Nun könnte man weiter die Fantasie spielen lassen und annehmen, man hätte einen Spannungsteiler mit einer riesig großen Menge von Widerständen zur Verfügung – entsprechend feingestuft wären dann die umschaltbaren Teilspannungen. So, und jetzt ist es nur noch ein winziger Gedankensprung zum Potentiometer auf der nächsten Abbildung: Das Potentiometer hat

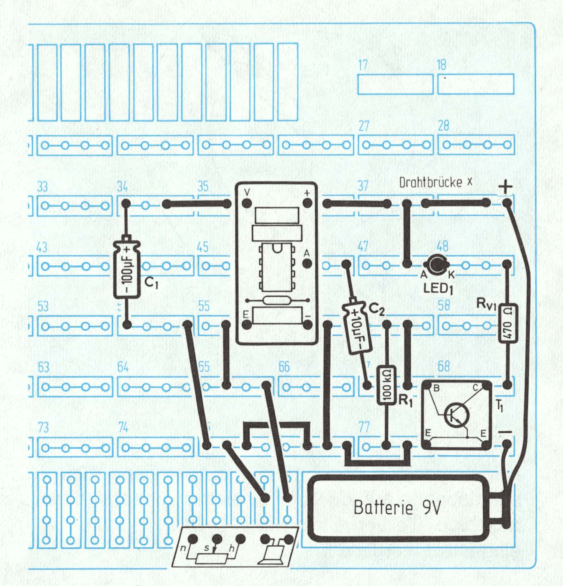


keine einzelnen Widerstände, sondern eine Widerstandsbahn, auf der ein Schleifer gleitet. Jedes beliebige Teilverhältnis kann mit ihm stufenlos eingestellt werden."

Macht Töne sichtbar: die Lichtorgel

Düsentrieb verbringt aus rein wissenschaftlichem Interesse einen Abend in der Disko. Sein Hauptaugenmerk gilt natürlich nicht dem neuesten Tanzstil, sondern der Elektronik, die in dem abgedunkelten Raum die sonderbarsten Lichteffekte erzeugt.

„Eine solche ‚Lichtorgel'", grübelt Düsentrieb, „ist doch im Prinzip eine ganz einfache Sache. Die können wir mit unseren Elektronikbauteilen sicherlich auch aufbauen." Und während er – noch halb taub vom Lärm in der Disko – nach Hause geht, entsteht im Geiste bereits ein Plan für den Aufbau.



Düsentrieb baut eine einfache Lichtorgel wie abgebildet auf und steckt als letztes die Drahtbrücke x für die Stromversorgung ein. Die Leuchtdiode blinkt kurz auf, und dann passiert gar nichts mehr. Aber Düsentrieb weiß Bescheid:



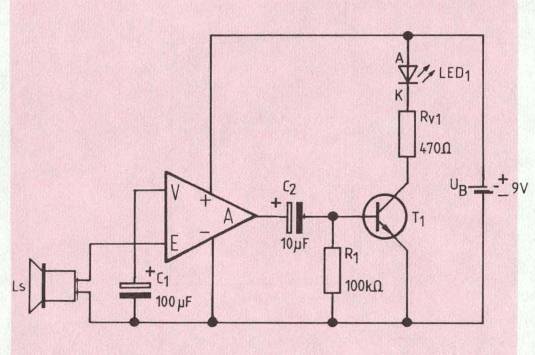
Er klopft auf den Tisch, auf dem das Gerät steht, und bläst auch noch in das Lautsprecher-Gitter hinein.

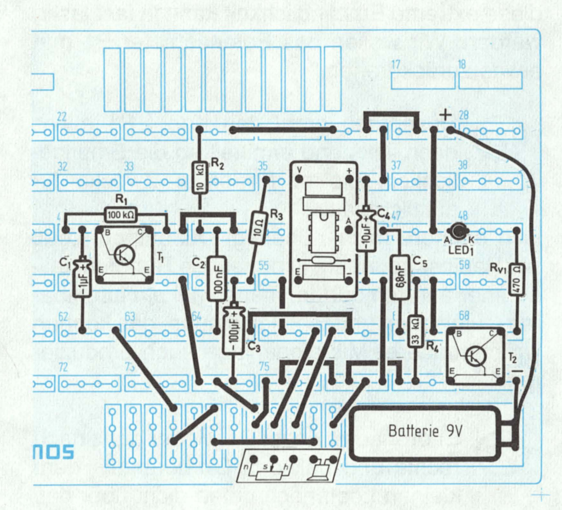
Die Leuchtdiode flackert bei jedem Schallereignis, das der als Mikrofon benutzte Lautsprecher registriert. Aber Düsentrieb ist noch nicht zufrieden. „Ich werde die Schaltung so verfeinern, daß bereits bei mäßig lauter Radiomusik im Zimmer die Leuchtdiode im Takt blinkt und flackert."



Düsentrieb baut eine hochempfindliche Lichtorgel nach der Abbildung rechts auf und dreht den Knopf P1 zunächst ganz nach rechts.

Man braucht nun in der Nähe des Lautsprecher-Mikrofons nur mit den Fingern zu schnippen oder ein Liedchen zu pfeifen: am Blinken der Leucht-



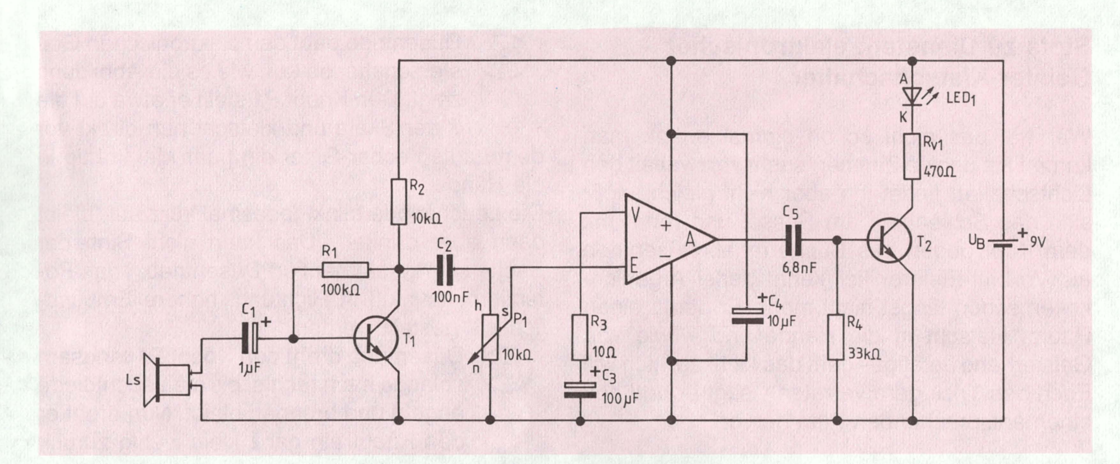


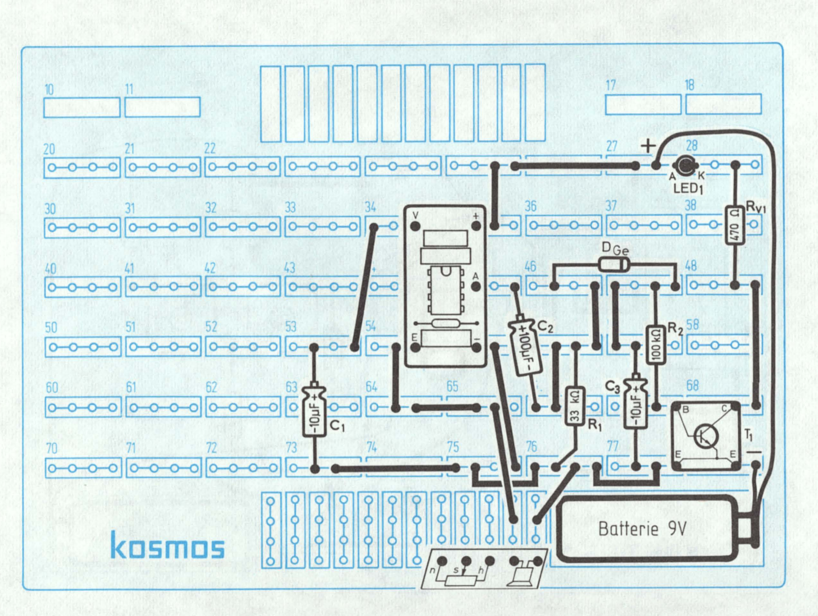
diode sieht man, daß das Schallereignis registriert wurde. „Die Möglichkeiten des Potentiometers sollten nicht außer acht gelassen werden", doziert der große Erfinder Düsentrieb. „Das Verhalten meiner Lichtorgel soll noch etwas verändert werden!"



Er dreht P1 langsam nach links und beobachtet, wie die Empfindlichkeit der Lichtorgel stetig abnimmt.

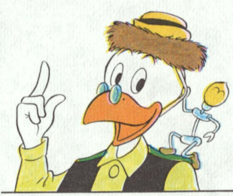
Düsentrieb macht noch einen weiteren Vorschlag: „Man kann mit dieser Lichtorgel auch normale 220 V-Lampen betreiben, wenn man das KOSMOS-Netzschaltgerät X besitzt. Dieses nützliche Zubehör wird einfach anstelle der Reihenschaltung aus Leuchtdiode und 470Ω-Widerstand eingesetzt!".





Reagiert auf tobenden Applaus: das Applausometer

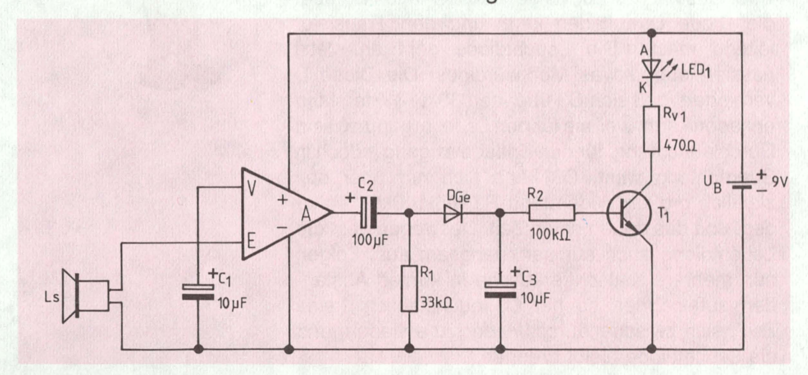
Wer Daniel Düsentrieb gut kennt, weiß, daß er nicht alles so tierisch ernst nimmt. „Es liegt in der Natur des Menschen, daß er gerne spielt, und die Elektronik reizt ja gerade zum Spielen", philosophiert er einmal vor einer Versammlung hochgelehrter Wissenschaftler, und als die ihm lautstarken Beifall klatschen, holt er verschmitzt seine neueste Erfindung, ein Applaus-Meßgerät hervor. „Vielen Dank, mein elektronisches Applausometer zeigt mir gerade an, daß ich mir der Zustimmung der hochverehrten Versammlung sicher sein kann. Ich werde Ihnen gleich zeigen, wie man ein solches selbstgefühlstärkendes Instrument bauen kann."





Düsentrieb baut ein Applausometer, wie auf der Abbildung links unten zu sehen. Die Plusleitung der Batterie steckt er ganz zum Schluß ein.

Die Leuchtdiode geht sofort an, wird aber im Laufe von vier bis fünf Sekunden immer dunkler und verlischt dann ganz.




133 Düsentrieb klatscht jetzt vor dem Lautsprecher einmal kräftig in die Hände.

Die Leuchtdiode geht schlagartig an und verlöscht dann ganz langsam. „Das Prinzip meines Applausometers liegt darin", erläutert Düsentrieb, „daß die Leuchtdiode nur dann brennen bleibt, wenn das Mikrofon nicht nur einen einzelnen ‚Klatscher', sondern anhaltenden Beifall registriert. Ich werde das gleich mal vormachen":


134 Düsentrieb spendet vor dem Lautsprecher-Mikrofon eine Zeit lang intensiv Beifall.

Die Leuchtdiode bleibt nun solange brennen, bis der „Applaus" beendet ist.

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Der Trick der Schaltung besteht darin, daß mit einem ‚Klatscher' der Kondensator C2 aufgeladen wird. Das hat nun zur Folge, daß sich auch C3 über die Diode D aufladen kann und den Transistor leitend macht: Die Leuchtdiode geht an. Jetzt passiert aber etwas Merkwürdiges: Die Diode D verhindert, daß sich C3 über den 33kΩ-Widerstand entladen kann, weil sie für den Ladevorgang zwar in Durchlaßrichtung, für den Entladevorgang jedoch in Sperrichtung wirkt. C3 kann sich nur über den ziemlich großen Widerstand R2 mit 100kΩ entladen, und das dauert seine Zeit. Deswegen geht die Leuchtdiode auch nur ganz langsam aus. Folgen nun mehrere Klatschgeräusche in kurzen Abständen aufeinander, so hat C3 buchstäblich ‚keine Zeit', sich zwischendurch wieder zu entladen, und die Leuchtdiode bleibt brennen."

Stets zu Diensten: elektronischer Geister-Klatschschalter

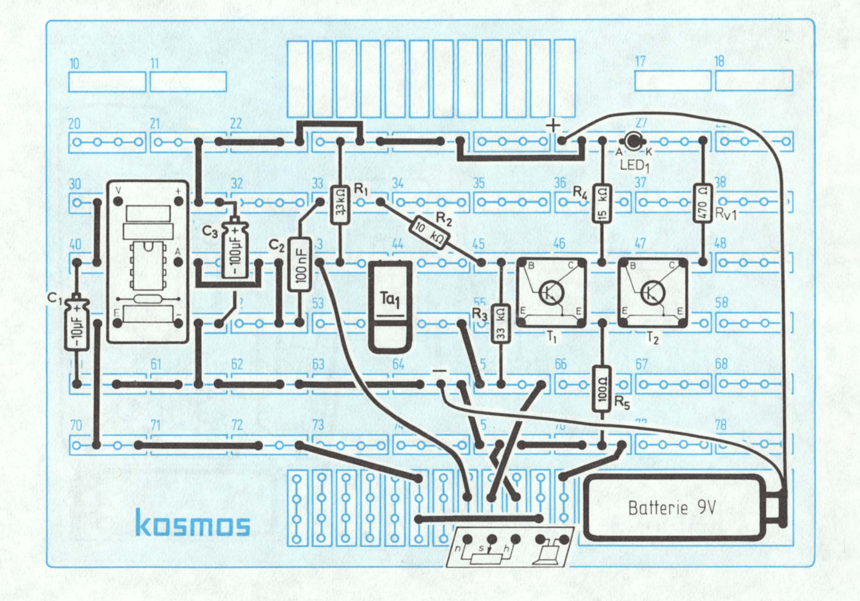
Wer hat das nicht schon einmal erlebt: man kommt ins dunkle Zimmer, sucht verzweifelt den Lichtschalter, findet ihn aber nicht gleich, stößt sich das Schienbein am Sessel und rennt mit dem Kopf gegen das Bücherregal. Düsentrieb als Vollblut-Elektroniker kennt derlei Ärgerlichkeiten schon längst nicht mehr. Er betritt einen Raum, klatscht in die Hände und – wie von Geisterhand betätigt – geht das Licht an. „Ich will Euch den Trick gern verraten", sagt er und holt einen entsprechenden Plan hervor.

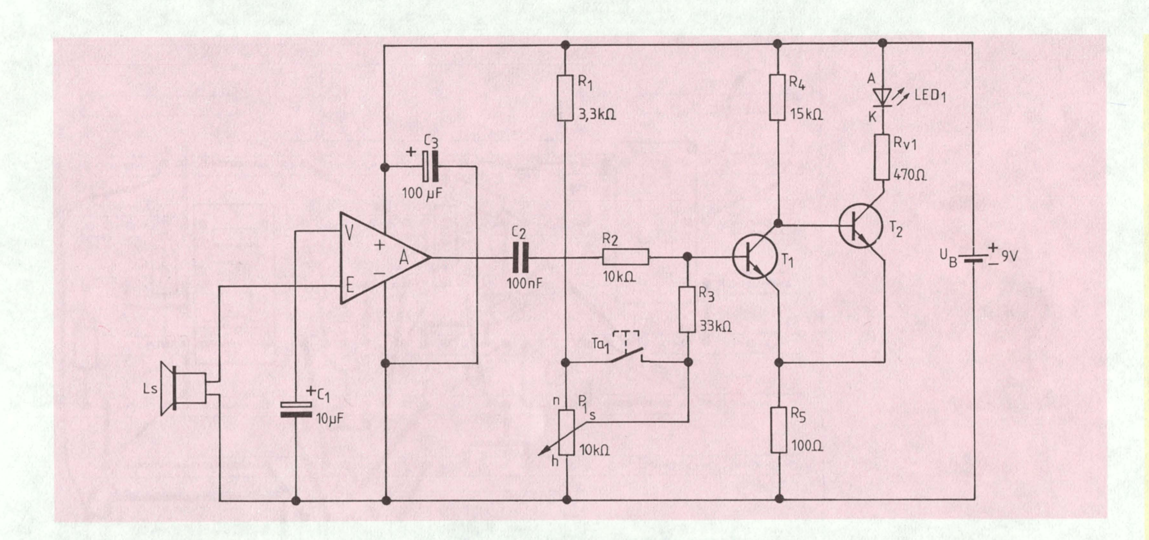


135 Düsentrieb baut den elektronischen Geisterschalter so auf, wie es die Abbildung zeigt. Den Knopf P1 stellt er etwa auf die 3 der Skala und klatscht nun direkt vor dem Lautsprecher-Gitter ein paar Mal kräftig in die Hände.

Die Leuchtdiode blinkt jedesmal kurz auf, bleibt dann aber dunkel. „Das kann nicht Sinn der Sache sein", kommentiert Düsentrieb, „das Potentiometer muß in Richtung ‚höhere Empfindlichkeit' gestellt werden."


136 Düsentrieb dreht den Knopf P1 langsam solange nach rechts, bis die Leuchtdiode angeht und brennen bleibt. Nun dreht er den Knopf ein ganz klein wenig zurück nach links.

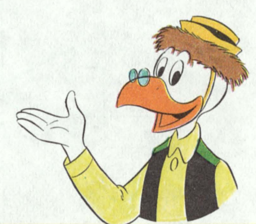




„Die Anlage ist nun so empfindlich", stellt Düsentrieb fest, „daß sie auf das Husten eines Flohs reagiert. Wer will, kann den Knopf natürlich noch weiter nach links zurückdrehen, so daß die Leuchtdiode wirklich nur bei einem kräftigen Klatsch-Geräusch angeht. Übrigens: ich habe vergessen zu sagen, wie man das Licht wieder abschaltet":

(137) Düsentrieb drückt kurz auf den Taster, und die Leuchtdiode geht wieder aus.

„An meinen Geisterschalter kann man problemlos über das KOSMOS-Netzschaltgerät X (siehe Seite 68) eine Tisch- oder Stehlampe anschließen, dann ist die Anlage für praktische Anwendungen tatsächlich einsatzbereit. Das Netzschaltgerät X wird statt der Reihenschaltung aus Leuchtdiode und 470-Ω-Widerstand eingesteckt. Außerdem muß noch der 100-Ω-Widerstand (braun-schwarz-braun) durch den 10-Ω-Widerstand (braun-schwarz-schwarz) ersetzt werden. Ich will aber noch ein paar Worte zu dem Geisterschalter sagen":



Daniel Düsentrieb erklärt:

„Den rechten Teil der Schaltung mit den beiden Transistoren nennt man ‚Schmitt-Trigger', weil diese Schaltungsart von einem Herrn namens Schmitt erfunden wurde. Einen Schmitt-Trigger erkennt man daran, daß die beiden Emitter der Transistoren zusammengeschaltet und über einen gemeinsamen Widerstand (Versuch 135: R5 = 100Ω) mit dem negativen Pol der Batterie verbunden sind.

Das aus dem Englischen stammende Wort Trigger heißt auf deutsch etwa ‚Auslöser', den Begriff ‚Schmitt-Trigger' müßte man aber wohl, wie wir gleich noch sehen werden, besser mit ‚Schwellwert-Schalter' übersetzen. Die Spannung, die man an einen solchen elektronischen Schalter anlegt, muß erst einen bestimmten Wert, eine ‚Schwelle', erreichen, damit der Schalter umschaltet. Auch wenn die Spannung ganz langsam und allmählich anwächst, schaltet der Trigger erst bei Erreichen dieser Schwelle.

Die Dinge liegen nun so: Ist der linke Transistor T1 in der Schaltung leitend, dann ist der rechte T2 zwangsläufig gesperrt, die Leuchtdiode ist dunkel. Die Umschaltschwelle wird durch den Widerstand R5 = 100Ω und durch die Größe des durch ihn fließenden Stromes beeinflußt. Über den ziemlich großen 15-kΩ-Widerstand fließt durch den Transistor T1 und natürlich auch durch R5 nur ein sehr kleiner Strom, also liegt die Schwelle niedrig.

Betrachten wir das Potentiometer P1: Wir haben es feinfühlig so eingestellt, daß T1 gerade noch leitend und damit T2 gesperrt ist (Leuchtdiode dunkel). Ein Geräusch vor dem Lautsprecher-Mikrofon hat über den Kondensator C2 für kurze Zeit eine Wechselspannung zur Folge, so daß T1 sperrt und T2 leitend wird. Und jetzt erkennt man den Trick: Da der Kollektor-Widerstand von T2 nur 470Ω beträgt, fließt nun durch R5 ein wesentlich höherer Strom, und die Schaltschwelle hat sich sozusagen selbsttätig erhöht. Auch wenn keine Geräusche mehr auftreten, bleibt T1 gesperrt. Erst wenn man die Taste betätigt, wird T1 gewissermaßen ‚mit Gewalt' leitend gemacht, und der ursprüngliche Zustand ist wieder hergestellt."

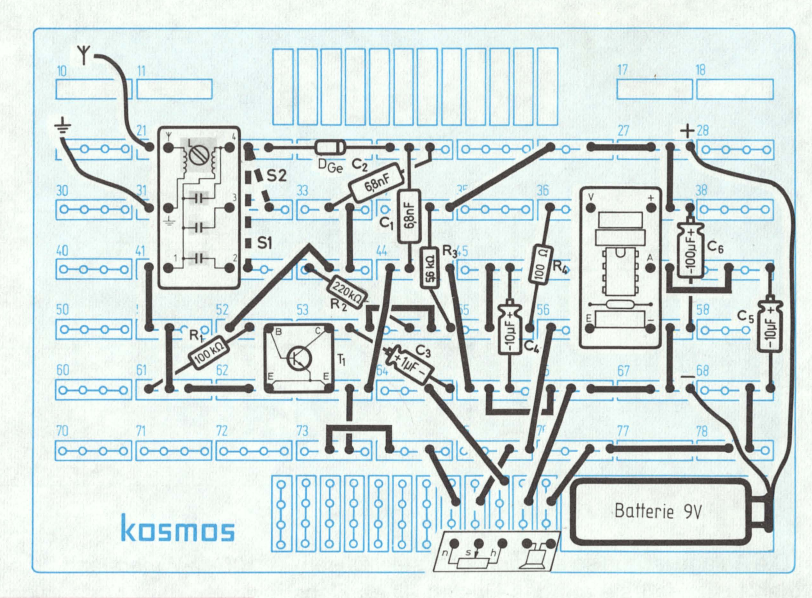
Die Freunde hören mit: Radioempfänger mit Lautsprecher

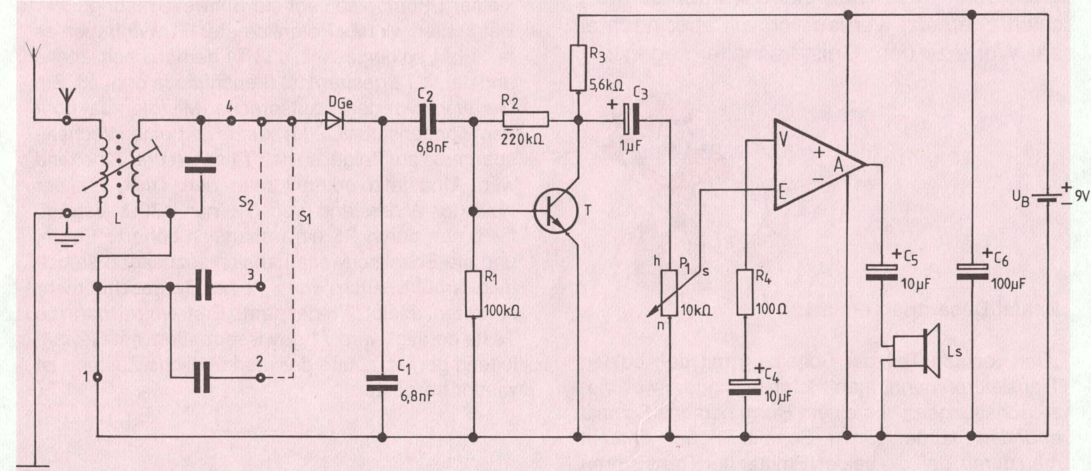
Für stille Stunden ist ein Radio mit Ohrhörer zwar unersetzlich, eine gemütliche Runde im Freundeskreis erfordert doch aber eher Musik aus dem Lautsprecher. Die erste Radioschaltung wird fast unverändert aus Versuch 109 übernommen und durch unser Verstärkermodul ergänzt.

(138) Das Radio mit Lautsprecher wird gemäß Abbildung aufgebaut und nach den Anweisungen aus den Versuchen 109 und 110 in Betrieb genommen.

Sind Antenne und Erde richtig angeschlossen, so wird man jetzt ungetrübten Lautsprecherempfang eines benachbarten Ortssenders haben.

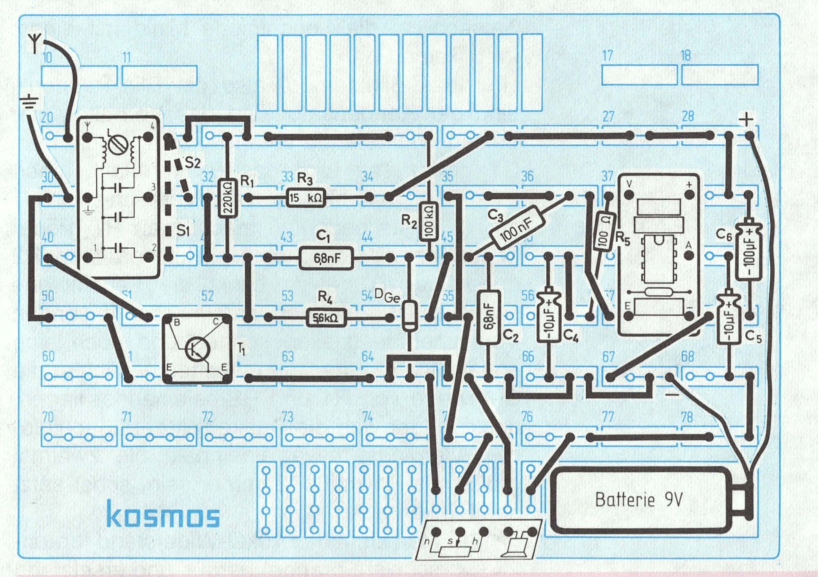




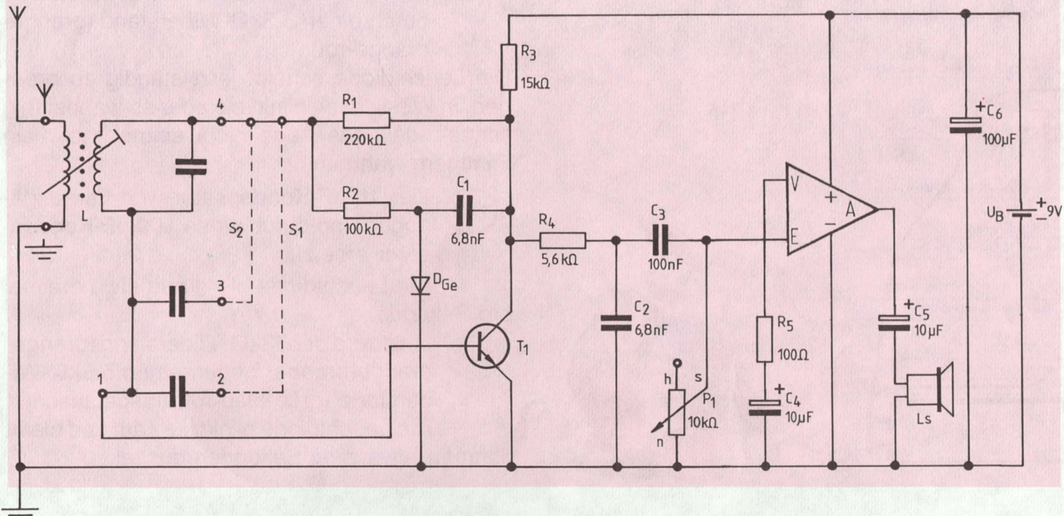


Für etwas weiter entfernte Sender schlägt Düsentrieb wieder den schon aus Versuch 111 bekannten Reflexempfänger vor:

(139) Den Reflexempfänger mit Lautsprecherwiedergabe baut man nach der Abbildung auf der nächsten Seite auf; Inbetriebnahme und Senderwahl erfolgen gemäß den Angaben in Versuch 109 und 110.







Der zweckentfremdete Verstärker: wie man aus der Not eine Tugend macht

„Die Genialität eines weltberühmten Erfinders liegt in seiner Fähigkeit, über starre Bauanleitungen hinauszudenken und Bauteile ganz anders einzusetzen, als es sich der fantasielose Hersteller vorgestellt hat", Düsentrieb ist mal wieder in seinem Element. „Sehen Sie mal, wir verwenden Widerstände ganz brav, damit unsere elektronischen Schaltungen funktionieren. Ich aber sage: wenn bei mir zuhause die Heizung ausfällt, kann ein Widerstand auch dazu dienen, mir die Füße zu wärmen." Und da seine Zuhörer ihn halb ungläubig, halb belustigt anschauen, tritt er gleich den Beweis an:

(140) Düsentrieb nimmt den 10Ω-Widerstand (braun-schwarz-schwarz) und hält ihn an eine 9V-Spannungsquelle (dieser Versuch sollte nur durchgeführt werden, wenn man das KOSMOS-Netzgerät X besitzt. Der Strom durch den Widerstand ist so hoch, daß die Batterie in kürzester Zeit erschöpft wäre).

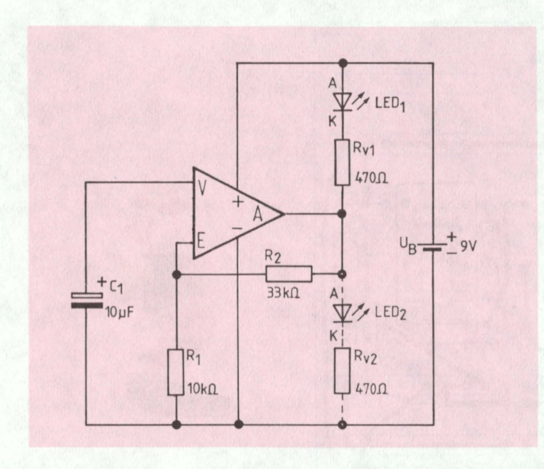
„Bitte sehr, Sie können deutlich spüren, daß der Widerstand heiß wird. Übrigens: elektrische Heizungen funktionieren auch nach diesem Prinzip."

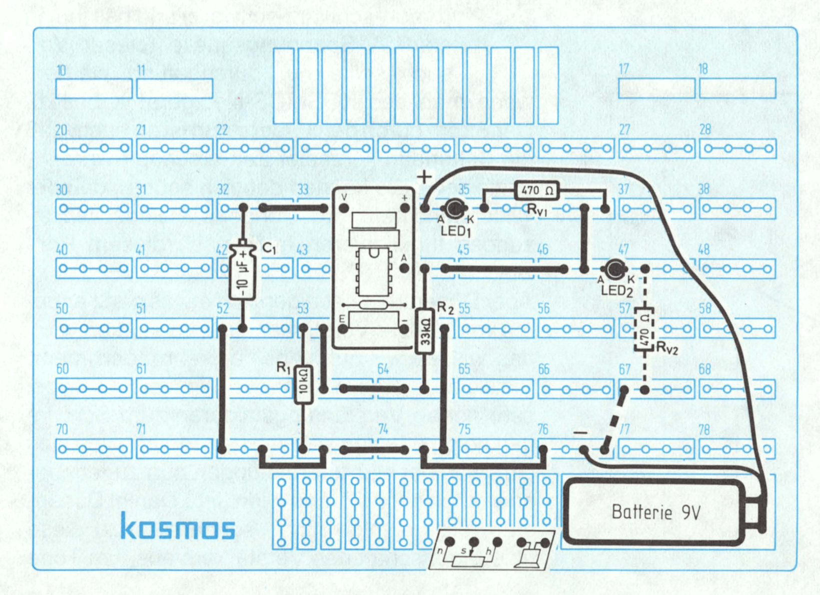
Aber Düsentrieb hat eigentlich etwas ganz anderes vor: „Unser Verstärker kann verstärken. Gut, das wissen wir nun. Aber er kann noch mehr. Viele Leute ärgern sich, daß ein Verstärker bei sehr hohen Verstärkungsfaktoren zum Schwingen neigt, d.h. von selbst einen Pfeifton von sich gibt, was bei Musikdarbietungen nun zugegebenermaßen sehr störend wirkt. Ich, Daniel Düsentrieb, ärgere mich nicht, sondern nutze diese üble Eigenschaft des Verstärkers aus, um Töne

genau nach meinen Wünschen zu erzeugen. Ich schalte sogar noch zusätzlich einen Widerstand vom Ausgang zum Eingang, damit der Verstärker hundertprozentig zu schwingen beginnt. Ich kann ihn auch ganz langsam schwingen lassen und mir dies durch eine Leuchtdiode anzeigen lassen."

Blinken schnell und langsam

(141) Düsentrieb baut eine Blinkschaltung mit dem Verstärkermodul auf, wie es die Abbildung zeigt. Die gestrichelt gezeichneten Bauteile läßt er zunächst noch weg.





Tatsächlich, die Leuchtdiode blinkt mit einem irren Tempo.

„Für das Blinktempo, also die Blinkfrequenz, sind der Kondensator und das Verhältnis der beiden Widerstände verantwortlich. Macht man C1 größer, so wird das Blinken langsamer. Vergrößert man hingegen das Verhältnis von R1 zu R2 – das bedeutet: macht man R1 größer gegenüber R2 oder aber verkleinert man R2 gegenüber R1 – so blinkt die Leuchtdiode schneller. Wir werden das in den folgenden Versuchen feststellen können und noch eine erstaunliche Entdeckung machen: je dichter die Ohmwerte von R1 und R2 beieinander liegen, desto länger wird die Dunkelzeit der Leuchtdiode. Allerdings: etwa eineinhalb bis zweimal größer als R1 muß R2 immer sein, sonst setzt das Blinken aus.



Man zieht den 10kΩ-Widerstand (braun-schwarz-orange) heraus und ersetzt ihn durch einen 3,3kΩ-Widerstand (orange-orange-rot).

Die Leuchtdiode scheint jetzt ständig zu brennen; in Wirklichkeit blinkt sie aber so wahnsinnig schnell, daß das Auge nicht einmal mehr ein Flimmern wahrnimmt.



Der 10-µF-Kondensator wird herausgezogen und durch einen 100-µF-Kondensator ersetzt.

Die Leuchtdiode blinkt nun etwa dreimal pro Sekunde.



Jetzt wird der 33kΩ-Widerstand (orange-orange-orange) gegen einen 5,6kΩ-Widerstand (grün-blau-rot) ausgetauscht.

Die Leuchtdiode blinkt kurz auf und bleibt dann für etwa zwei Sekunden dunkel.



Doppelwarnblinkanlage

Wer mit offenen Augen durch die Welt geht, hat an einer Baustelle oder aber auch an einer Straßenkreuzung mit Blinksignalen sicher schon oft beobachtet, daß zwei Lampen wechselseitig an- und ausgehen.



(145) Zu dem Aufbau von Versuch 144 fügen wir nun die in der Abbildung gestrichelt eingezeichneten Bauteile ein.

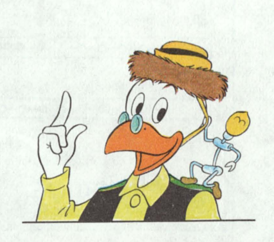
Selbstverständlich kann diese Doppelwarnblinkanlage auch mit allen Widerstands- und Kondensatorwerten aus den Versuchen V 141 bis V 144 ausprobiert werden!

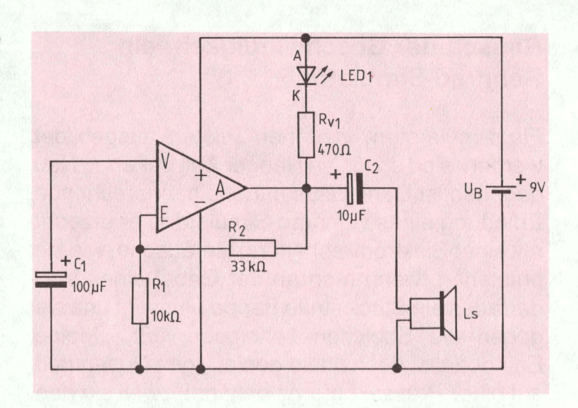
Blinker ausgeschaltet? Akustische Kontrolle

„Ich habe intensive Studien darüber angestellt", beginnt Düsentrieb einen Vortrag vor dem ‚Verein für menschenfreundliche Elektronik', „wie das Energieproblem der Zukunft gelöst werden könnte. Ich sage nur: wir brauchen elektronische Kontrollgeräte. Ja natürlich", fährt er eifrig fort, als die Zuhörer ihn verständnislos ansehen. „Der Mensch ist vergeßlich. Hier bleibt ein Wasserhahn offen, dort brennt eine Lampe unnütz, Kochplatten werden nicht abgeschaltet, Radios laufen, ohne daß jemand zuhört, Schaufensterbeleuchtungen brennen die ganze Nacht, obwohl niemand vorbeikommt, um hineinzuschauen. Wir müssen unser Problem elektronisch anpacken, der Elektronik gehört die Zukunft! Ich zeige Ihnen jetzt mal an einem ganz einfachen Beispiel, daß die Automobil-Konstrukteure meine Idee längst aufgegriffen haben: Ich baue für Sie einen Autoblinker mit akustischer Kontrolle."

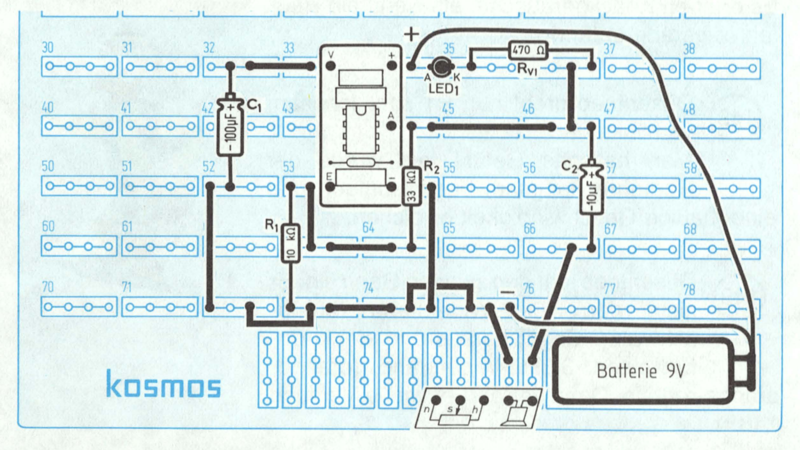
(146) Düsentrieb baut einen opto-akustischen Autoblinker nach der Abbildung auf.

Unüberhörbar erklingt bei jedem Ein- und Ausschalten der Leuchtdiode ein





Knackgeräusch zur Kontrolle. Aber während seine Zuschauer noch staunen, hat Düsentrieb schon wieder neue Ideen.



Rausch der Geschwindigkeit: ein Rennrad-Simulator

Flugsimulatoren, in denen Piloten ausgebildet werden, sind schon seit langer Zeit bekannt. Neu dagegen ist Daniel Düsentriebs bahnbrechende Erfindung eines Rennrad-Simulators: er erzeugt mit einer Elektronikschaltung Geräusche, wie sie entstehen, wenn man an der Gabel eines Vorderrades ein Stück steife Pappe befestigt und sie gegen die Speichen schnippen läßt. „Meine Erfindung ist deshalb so genial", gibt Düsentrieb auf einer Pressekonfernz bekannt, „weil sie den auszubildenden Rennfahrern ein echtes Gefühl für die Geschwindigkeit vermittelt. Man kann sogar eine Gangschaltung simulieren!"

(147) Düsentrieb baut die Simulatorschaltung gemäß Abbildung auf. Das Potentiometer P1 stellt er zunächst auf den linken Anschlag.

Es ertönen Knackgeräusche, als wenn ein Radfahrer gerade anfährt.

(148) Düsentrieb dreht nun P1 sehr langsam von links nach rechts.

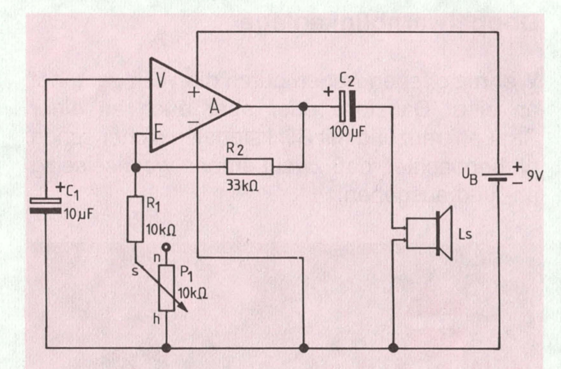
Man hat das Gefühl, als würde der Radfahrer langsam beschleunigen und eine mäßige Geschwindigkeit erreichen.

(149) Düsentrieb legt den zweiten Gang ein: Er zieht den 10kΩ-Widerstand (braun-schwarz-orange) heraus und steckt dafür einen 3,3kΩ-Widerstand (orange-orange-rot) ein. Dann verfährt er wie in Versuch 148.

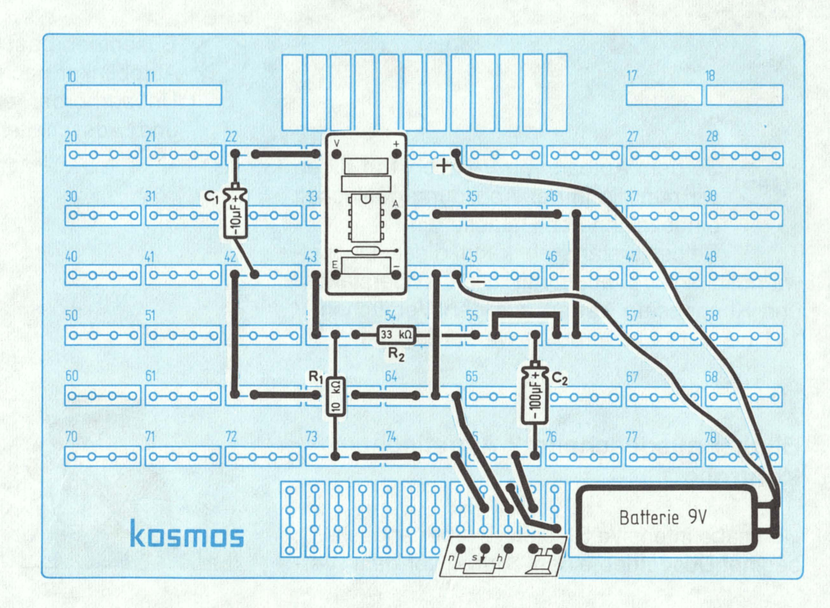
Man spürt förmlich, daß der Radfahrer sich jetzt ordentlich anstrengt, um in Fahrt zu kommen.

(150) Düsentrieb legt den dritten Gang ein: der 3,3-kΩ-Widerstand wird nun durch einen 1-kΩ-Widerstand (braun-schwarz-rot) ersetzt und das Potentiometer wiederum langsam von links nach rechts gedreht.

Hier merkt man jetzt, daß Radsportprofis am Werke sind: in der rechten Stellung von P1 wird ein Höllentempo simuliert. „Schade, daß ich kein Gerät habe, das simuliert, wie einem der Wind um die Ohren pfeift", bemerkt Düsentrieb.







Zweihand-Elektronik-Pianola: das elektronische Klavier

„Musikinstrumente, bei denen durch Tastenanschlag ein bestimmter Ton erzeugt wird, dürften heutzutage als überholt gelten", behauptet Daniel Düsentrieb, als er – wie sollte es anders sein – mal wieder eine neue Erfindung vorstellt. „Das von mir entwickelte sensationelle Gerät trägt der jedem Menschen innewohnenden kreativen Musikalität bzw. musikalischen Kreativität viel mehr Rechnung als herkömmliche Musikinstrumente. Sehen Sie, einen Ton muß man vorausahnen können. Das ist der entscheidende Punkt!"



Daniel Düsentrieb baut das Zweihand-Pianola wie abgebildet auf und betätigt die Taste.

Ein ganz normaler Ton ist hörbar, von einer Melodie kann da noch keine Rede sein.
„So, passen Sie auf", sagt Düsentrieb, „jetzt zeige ich Ihnen, wie ein herausragender Geist auf einem fortschrittlichen Instrument spielt."



Düsentrieb umfaßt mit Daumen und Zeigefinger der rechten Hand locker den Knopf P1, dreht ihn ein bißchen, drückt mit dem Zeigefinger der linken Hand den Taster, dreht wieder am Knopf, drückt die Taste usw.

Seine Zuhörer sind perplex: virtuos und ohne zu stocken spielt Düsentrieb zuerst „La Paloma" und dann auch noch „Hoch auf dem gelben Wagen". Wie ein Profi schlägt er mit dem Fuß zusätzlich den Takt dazu.
„Wenn Sie einen Partner mit noch einem Gerät haben, dann können Sie natürlich auch zweistimmig spielen. Die zweite Stimme sollte dann aber tiefer sein. Das kann man so erreichen:"



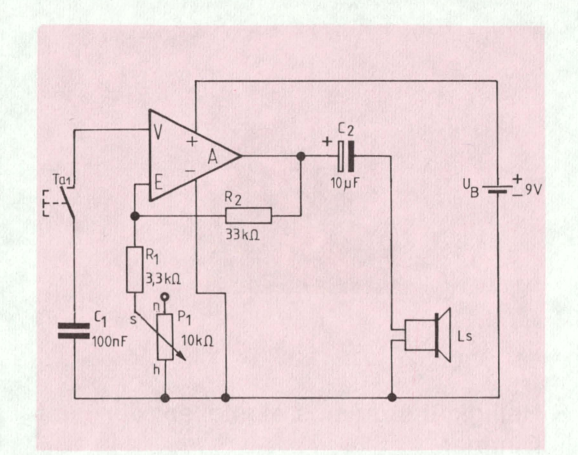
Düsentrieb zieht den 100-nF-Kondensator heraus, ersetzt ihn durch den 1-µF-Kondensator und gibt auch gleich eine Kostprobe.

Die erzeugten Töne liegen jetzt etwa eine Oktave tiefer.
Für besonders vielseitige Musiker stellt Düsentrieb nun noch eine weitere Variante vor:

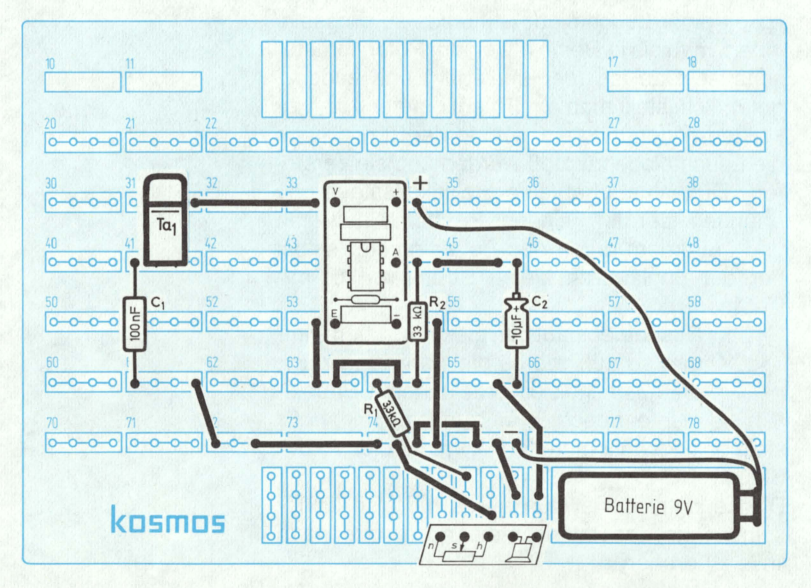


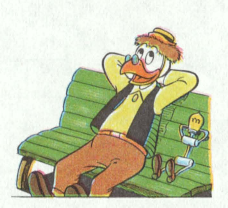
Er zieht den 3,3kΩ-Widerstand (orange-orange-rot) heraus und steckt stattdessen einen 1kΩ-Widerstand (braun-schwarz-rot) hinein.

Der Tonumfang erstreckt sich nun über mehrere Oktaven. Düsentrieb muß aber zugeben, daß es schwieriger geworden ist, den richtigen Ton zu treffen.









Helligkeit stufenlos einstellen: der Dimmer

Selbstverständlich ist es kein Problem, die Helligkeit einer Leuchtdiode stufenlos zu drosseln, indem man sie in Reihe mit einem Potentiometer schaltet. Das ist aber unelegant und zudem gefährlich: stellt man am Potentiometer einen zu kleinen Widerstand ein, könnte der Strom durch die Leuchtdiode zu groß werden und sie zerstören. Düsentrieb hat eine Helligkeitssteuerung erfunden, bei der keinerlei Probleme auftreten und außerdem durch das Potentiometer selbst nur der unglaublich kleine Strom von 0,9mA fließt.

(155) Düsentrieb baut den elektronischen Dimmer so auf, wie es die Abbildung zeigt; die gestrichelt eingezeichneten Bauelemente beachtet er zunächst nicht. Er stellt das Potentiometer P1 etwa auf die „2“ der Skala.

Die Leuchtdiode ist dunkel, es hat also sicher keinen Sinn, das Potentiometer noch weiter nach links zu drehen.

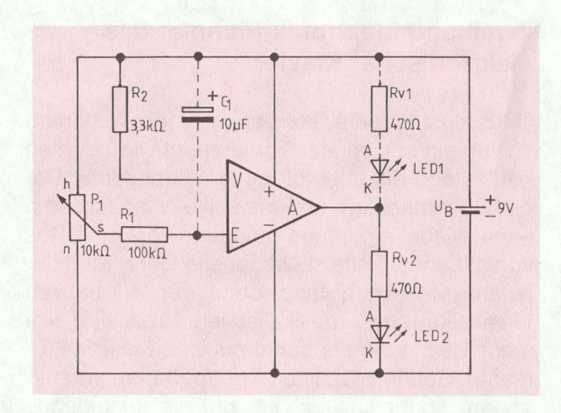


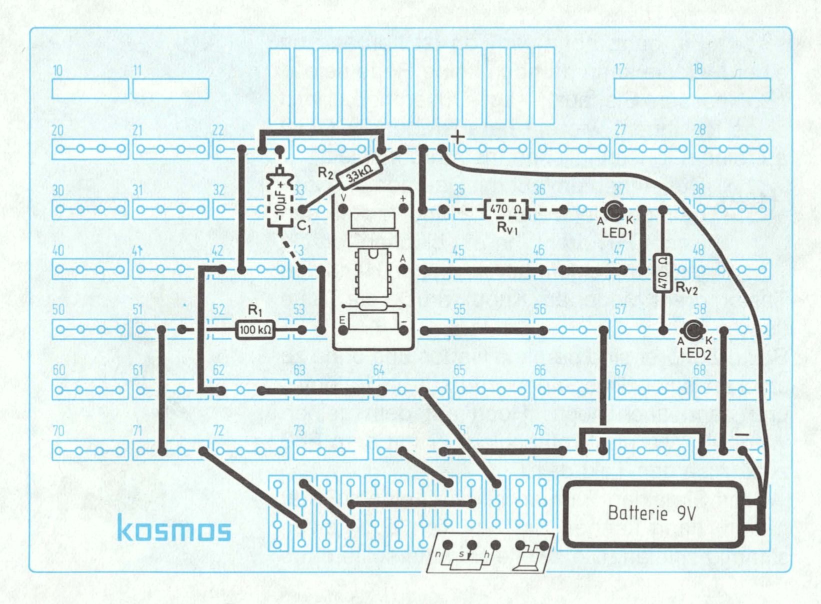
Düsentrieb dreht P1 daher langsam nach rechts und dann hin und her, um das Verhalten der Leuchtdiode zu beobachten.

Jede beliebige Helligkeit läßt sich mit dieser eleganten Steuerschaltung einstellen. Die Elektronik-Schaltung kann aber noch mehr: bei Verwendung einer zweiten Leuchtdiode kann sie das Licht „von einer Diode zur anderen weiterreichen.“ Diesen Effekt kennt sicher jeder von einer Stereoanlage, wenn man mit dem Balance- bzw. Überblendregler den Ton„von einem Lautsprecher zum anderen schiebt.“



Der optische Überblendregler wird aufgebaut, indem gemäß der Abbildung die gestrichelt eingezeichneten Bauelemente LED 1 und RV 1 zusätzlich eingebaut werden.





Wenn jetzt das Potentiometer vom linken zum rechten Anschlag gedreht wird, wandert das Licht von einer Leuchtdiode zur anderen.
Düsentrieb kennt noch einen Trick, wie man einen „weichen Übergang“ von einer Leuchtdiode zur anderen erreichen kann.


Zusätzlich wird jetzt der im Aufbaubild gestrichelt eingezeichnete Kondensator 10µF eingesteckt.

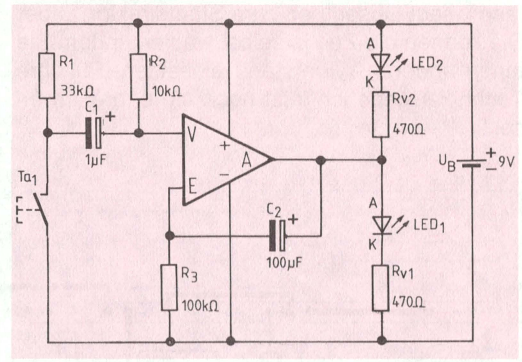
Dreht man nun rasch das Potentiometer von einem Anschlag zum anderen, dann kann man beobachten, daß die eine Leuchtdiode ganz langsam verlischt, während die andere erst allmählich angeht.





Immer mit der Ruhe: Fußgängerampel für gemächliche Zeitgenossen

Not macht erfinderisch, sagt man. Und Ärger treibt ideenreiche Leute sogar zu Höchstleistungen an. Daniel Düsentrieb ärgert sich: er steht als Fußgänger an einer verkehrsreichen Straße und möchte hinüber. Aber die Autoschlange reißt nicht ab, und niemand hält freiwillig. Düsentrieb schreibt an den Stadtdirektor: „Was die Bürger brauchen, ist eine Ampel, die auf Anforderung – also auf Knopfdruck – umschaltet. Ich empfehle Ihnen meine neueste Erfindung, die so genial ist, daß die Stadt mir ein Denkmal setzen wird.“
Düsentrieb baut beim Stadtdirektor die Fußgängerampel auf, so wie hier zu sehen. Er schließt die Batterie an und erläutert:



„Die Leuchtdiode LED2 ist das Rotsignal für die Fußgänger. Am Straßenrand ist für die Fußgänger eine Taste angebracht.“

(159) Düsentrieb drückt die Fußgänger-Taste. Sofort springt die Ampel um. Das Rotsignal für die Fußgänger erlischt, und stattdessen geht Leuchtdiode LED1 als „Halt“ für die Autos an. Nach etwa 5 Sekunden springt die Ampel vollautomatisch in den ursprünglichen Zustand zurück (Aufbaubild hierzu, nächste Seite unten).

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Wenn man den Eingang ‚V‘ des Verstärkermoduls über einen Widerstand mit dem Pluspol der Batterie verbindet, dann verhält sich die Schaltung so als wäre „eine Bremse eingebaut“: ein allmähliches Ansteigen der Spannung am Eingang ‚E‘ (langsames Verdrehen des Potentiometerknopfes im Uhrzeigersinn) hat zunächst keinerlei sichtbare Auswirkungen auf den Ausgang. Dann jedoch, fast schlagartig, als hätte jemand die Bremse losgelassen, ändert sich die Ausgangsspannung. Das kann man an der Leuchtdiode in Versuch 156 beobachten. Ein weiteres Verdrehen des Potentiometers bis zum Anschlag bringt dann keine größere Helligkeit der Leuchtdiode mehr.

In Versuch 157 liegen die Dinge nun so: eine Leuchtdiode ist über den 470Ω-Vorwiderstand mit dem Pluspol und die andere entsprechend mit dem Minuspol der Batterie verbunden. Vergrößert die Ausgangsspannung ihren Abstand zum Pluspol der Batterie, so beginnt die obere Leuchtdiode zu leuchten, vergrößert sie dagegen ihren Abstand zum Minuspol, so geht die untere an. Liegt die Ausgangsspannung in der Mitte, so brennen beide Dioden mit halber Kraft.
Trickreich, aber leicht zu verstehen, ist die Sache mit dem Kondensator in Versuch 158: der wird über den 100kΩ-Widerstand natürlich nicht schlagartig, sondern allmählich umgeladen. Daher also das ‚weiche‘ An- und Ausgehen der Leuchtdiode.“

Der Stadtdirektor ist begeistert, aber er hat noch einen Einwand: „Für ältere Leute wäre es günstig, wenn man ihnen etwas mehr Zeit zum Überqueren der Straße ließe." Darauf ist Düsentrieb vorbereitet:



Er zieht den 100kΩ-Widerstand (braun-schwarz-gelb) heraus, ersetzt ihn durch einen 680kΩ-Widerstand (blau-grau-gelb) und drückt erneut die Taste.

Die Rotphase für die Autos beträgt nun etwa 22 Sekunden. „Das ist jetzt vielleicht ein bißchen lang", sagt Düsentrieb zum Stadtdirektor, „aber Sie können die Zeit ja selbst wählen, indem Sie einen anderen Widerstand einsetzen. Für Ihre Techniker gebe ich jetzt noch ein paar Hinweise."

Daniel Düsentrieb erklärt:

„Normalerweise liegt die Ausgangsspannung des Verstärkers nahe dem Minuspol der Batterie. Dann ist LED1 natürlich dunkel, aber LED2, die über den Widerstand RV2 mit dem Pluspol der Batterie verbunden ist, leuchtet.
So, und jetzt schauen wir uns mal den Kondensator C1 an. Der hat sich über die Widerstände R1 und R2 restlos entladen. Wird nun die Taste gedrückt, so lädt er sich über R2 rasch auf; einen Teil des Ladestroms zweigt sich aber der Verstärkereingang ‚V' ab, was zur Folge hat, daß der Verstärkerausgang auf eine Spannung in der Nähe des Pluspols der Batterie springt. Dadurch geht jetzt LED2, aus und LED1 leuchtet. Nun kann sich C2, der zuvor ebenfalls entladen war, über R3 langsam aufladen. Je größer C2 und R3 sind, desto länger dauert das. Bei Erreichen einer bestimmten Ladespannung springt der Verstärkerausgang von selbst wieder in die ursprüngliche Lage zurück.
Übrigens, diese Schaltungsart wird von Fachleuten ‚monostabiler Multivibrator' oder manchmal einfach ‚Monoflop' genannt, weil sie – im Gegensatz zum bistabilen Multivibrator – nur einen stabilen Zustand hat, in den sie immer wieder selbsttätig zurückkehrt."





Näher beleuchtet: der Fototransistor

Wir haben ihn bislang noch nicht eingesetzt, können in der Teileliste jedoch nachschauen, wie er aussieht: Auf den ersten Blick könnte man ihn für eine Leuchtdiode in einem glasklaren Gehäuse halten, denn – und das ist für einen Transistor nun wirklich erstaunlich – er hat nur zwei „Beine". Wo ist der dritte Anschluß geblieben?

Die Antwort ist einfach: ein Fototransistor wird nicht durch einen Elektronen-Basisstrom gesteuert, sondern durch Fotonen – und ein Fotonenstrom ist Licht. Der Fotonenstrom, also das Licht, wirkt über das glasklare Gehäuse auf die im Innern verborgene Basis und hebt die „Sperrklappe" zwischen Kollektor und Emitter mehr oder weniger an. Je stärker das senkrecht von oben auf den Fototransistor fallende Licht ist, ein desto größerer Kollektor-Emitterstrom kann fließen.

Das soll gleich einmal ausprobiert werden. Nehmen wir den Fototransistor zur Hand und schauen von unten auf die beiden Beine. Wir werden an einer Stelle des runden Gehäuses eine Abflachung feststellen. Das kürzere Bein auf der Seite der Abflachung ist der Kollektor, und damit keine Irrtümer passieren, schneiden wir aus dem Bogen in der Mitte des Buches das Kennzeichnungssymbol aus und spießen es auf den Fototransistor, so wie es die Abbildung zeigt.

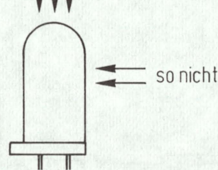
Anzeiger für Licht und Schatten

(161) Man baut eine Testschaltung nach der Abbildung rechts oben auf und achtet zunächst darauf, daß der Fototransistor nicht hellem Licht ausgesetzt ist.

Die Leuchtdiode, die uns anzeigen soll, ob durch den Fototransistor ein Strom fließt oder nicht, bleibt dunkel.

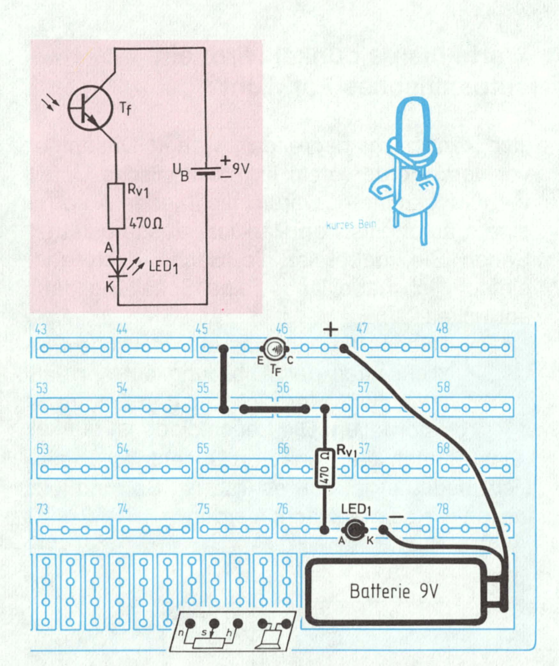
(162) Das Licht einer Schreibtischlampe oder auch einer Taschenlampe wird nun **von oben** auf den Fototransistor gerichtet.

Die Leuchtdiode geht an als Zeichen dafür, daß ein Kollektor-Emitter-Strom durch den Fototransistor fließt: das Licht macht den Fototransistor leitend.



(163) Mit der Hand wird nun das Licht etwas abgeschattet.

Man kann deutlich beobachten: je nach Schattenwirkung brennt die Leuchtdiode heller oder dunkler. „Mit der Hand" können wir jetzt also den Strom steuern.



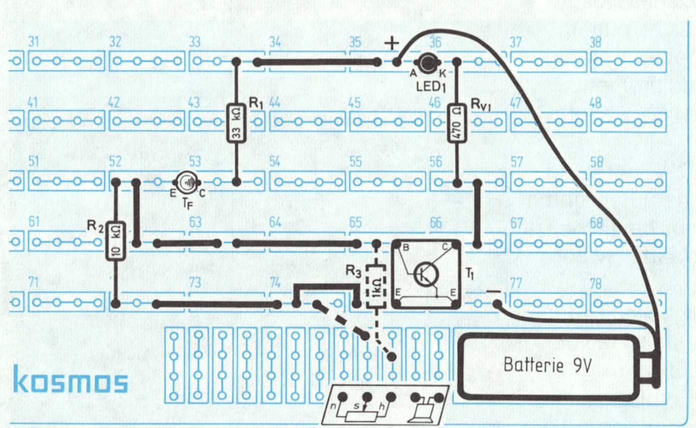


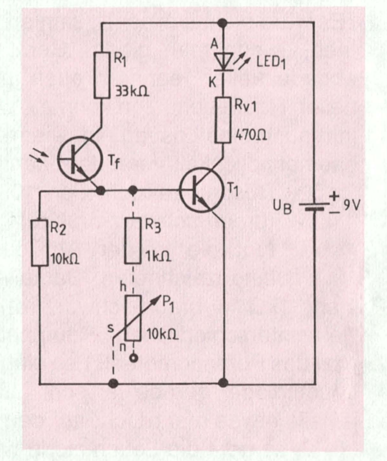
Reagiert auf schwächstes Licht: der „Lichtverstärker".

„Eigentlich ist es Unsinn, behaupten zu wollen, man könne Licht verstärken", sagt Daniel Düsentrieb. „Es sind vielmehr die Auswirkungen des auf den Fototransistor fallenden Lichts, die wir verstärken werden."

(164) Düsentrieb baut den „Lichtverstärker" nach der Abbildung unten auf. Die gestrichelt eingezeichneten Bauteile beachtet er zunächst nicht. Er dunkelt den Raum etwas ab und beobachtet die Kontroll-Leuchtdiode.

Wenn die Umgebungshelligkeit ausreichend gering ist, wird die Leuchtdiode nicht brennen, weil der Fototransistor sperrt und an den Transistor T1 keinen Basisstrom liefert.







(165) Düsentrieb zündet etwa 30cm oberhalb des Fototransistors ein Streichholz an.
Sofort geht die Leuchtdiode an. Die winzige Lichtmenge des brennenden Streichholzes reicht aus, um durch den Fototransistor einen ganz kleinen Strom fließen zu lassen; dieser Ministrom gelangt direkt in die Basis von T1 und bewirkt einen kräftigen Kollektorstrom.

„Es wäre nicht schlecht", sinniert Daniel Düsentrieb, „wenn man dieses Gerät nicht nur im abgedunkelten, sondern auch in einem mäßig hellen Raum benutzen könnte." Und prompt fällt ihm auch eine Lösung ein, wie man die Ansprechempfindlichkeit verändern kann:

(166) Düsentrieb zieht den 10kΩ-Widerstand (braun-schwarz-orange) heraus, und fügt die in der Abbildung gestrichelt eingezeichneten Bauteile ein (Widerstand 1kΩ = braun-schwarz-rot).

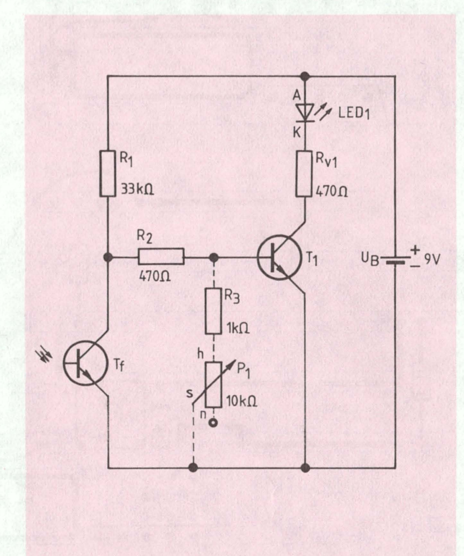
Bei unterschiedlichen Raumhelligkeiten wird jetzt das Potentiometer P1 so eingestellt, daß die Leuchtdiode gerade erlischt. Läßt man nun jeweils etwas mehr Licht auf den Fototransistor fallen, so geht die Leuchtdiode wieder an.

Warte bis es dunkel wird: ein automatisches Parklicht

„Ich kann nicht begreifen", wettert Düsentrieb vor dem ‚Förderverein für elektronische Unfallverhütungsmittel', „warum nicht jedes Auto mit einem automatischen Parklicht ausgerüstet ist. Sehen Sie, dabei ist die Sache doch ganz einfach. Ich habe längst eine Schaltung dafür entwickelt."

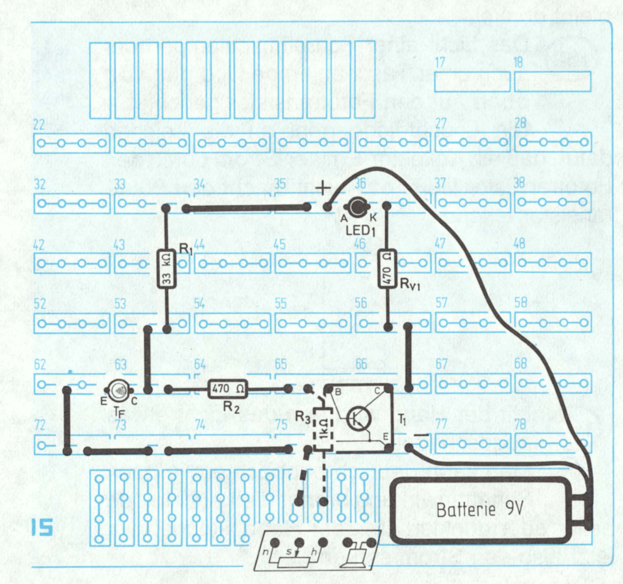
(167) Düsentrieb baut das automatische Parklicht nach der Abbildung auf und läßt zunächst helles Licht auf den Fototransistor fallen. Die Leuchtdiode ist dunkel.

„Das ist doch klar", erläutert Düsentrieb, „helles Licht bedeutet ja, daß es Tag ist. So, und jetzt lassen wir es mal Nacht werden."





(168) Düsentrieb schaltet alle erreichbaren Leuchten aus, so daß der Fototransistor kaum noch Licht erhält.
Schlagartig geht die Leuchtdiode an.



„Anstelle der Reihenschaltung von Leuchtdiode und 470Ω-Widerstand kann man natürlich auch das KOSMOS-Schaltrelais einsetzen (siehe letzte Seite). Damit können dann sogar 220V-Lampen geschaltet werden", fügt Düsentrieb hinzu.

„Außerdem kann man auch bei dieser Schaltung durch Hinzufügen eines Potentiometers und eines Widerstandes erreichen, daß die Schaltung bei ‚unterschiedlichen Dunkelheiten' anspricht."



Die im letzten Aufbaubild gestrichelt eingezeichneten Bauteile werden nun eingefügt (1kΩ = braun-schwarz-rot), und durch Verdrehen von P1 wird ausprobiert, bei welchem Dunkelwert die Anlage anspricht.

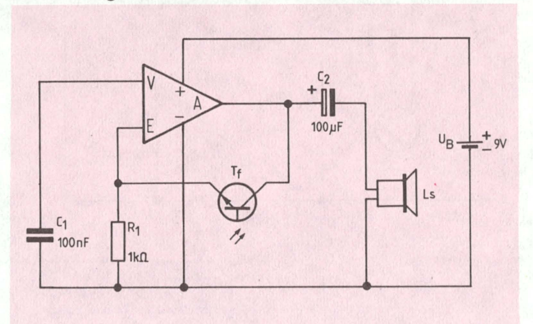
Im Reich der Tiere: Entengeschnatter durch Licht und Schatten

„Ein richtiger Forscher muß jederzeit zu Opfern für seine Wissenschaft bereit sein", Daniel Düsentrieb hält einen Vortrag vor der Nachwuchsorganisation elektronikbastelnder Pfadfinder. „Stundenlang bin ich den Enten nachgeschlichen und hab' mir nasse Füße geholt, um ihr Geschnatter zu erforschen. Aber jetzt bin ich soweit: mit meiner neuesten Elektronik-Erfindung kann nun jeder wie eine Ente schnattern. Die Menschheit steht vor einem Durchbruch ins Reich der Tiere!"



Düsentrieb baut seine Schnatter-Maschine so auf, wie es abgebildet ist. Bevor er die Batteriespannung anlegt, richtet er eine Tischlampe von oben auf den Fototransistor. Dann wedelt er schnell mit zwei, drei Fingern über dem Fototransistor hin und her.

Tatsächlich: das Geräusch, das Düsentrieb erzeugt, hört sich täuschend echt wie Entengeschnatter an. „Durch geschickte Hand- und Fingerbewegungen kann man sogar noch andere Vögel imitieren", sagt er stolz. „Wir können die Schaltung auch etwas verändern."



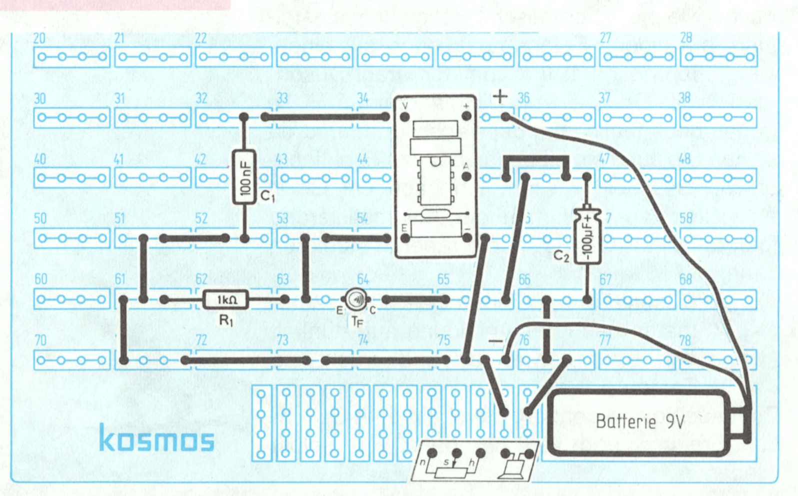


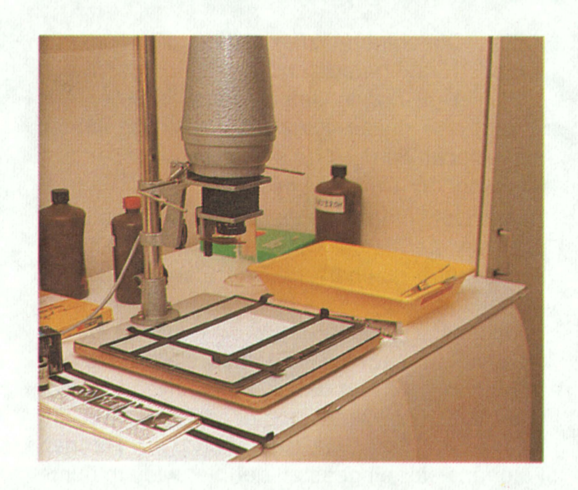


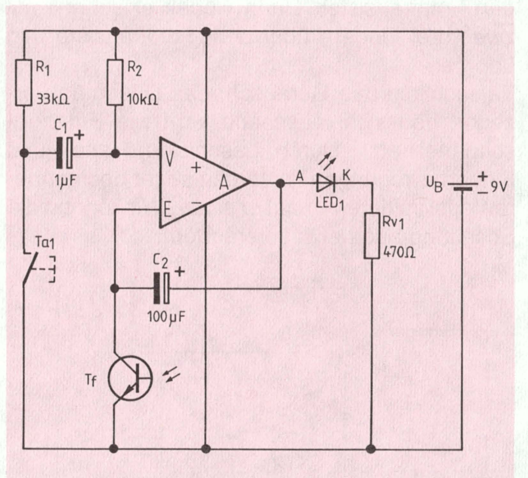
Düsentrieb zieht den Kondensator 100nF heraus und ersetzt ihn durch den 1-µF-Kondensator. Dabei paßt er auf, daß dieser Kondensator richtig herum eingesteckt wird, d.h. seine Minusseite zum Minuspol der Batterie weist.

Durch Düsentriebs Fingerakrobatie ergibt sich jetzt ein viel tieferer Ton. Mit etwas Fantasie könnte man glauben, daß es Elstern sind, die schreien.

„Übrigens: Zur Erklärung der Schaltung ist gar nicht viel zu sagen; wir kennen sie bereits aus Versuch V 147. Nur haben wir den Kondensator geändert, das Potentiometer weggelassen, für R1 einen 1kΩ-Widerstand und für R2 den Fototransistor eingesetzt, der hier wie ein durch das Licht veränderlicher Widerstand wirkt."









Nützliche Hilfe fürs Fotolabor: ein vollautomatischer Belichtungszeitgeber.

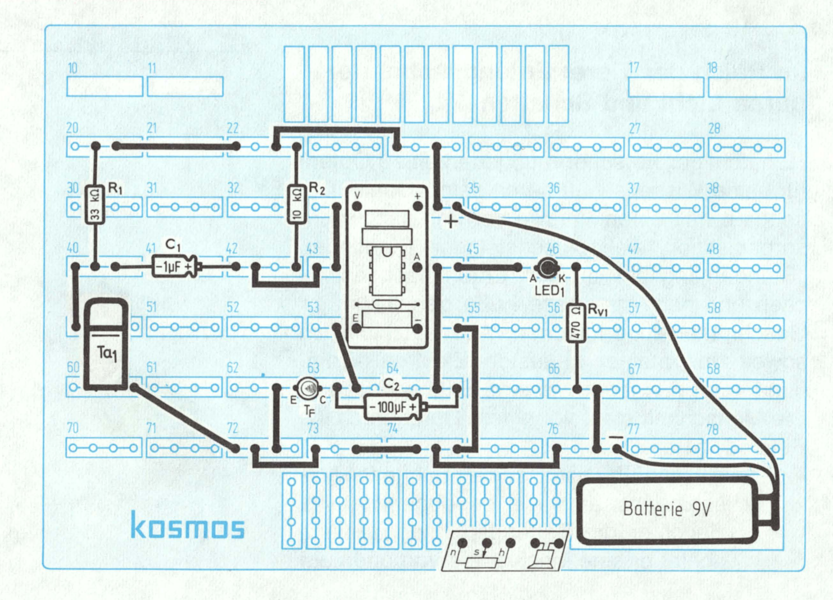
„Haben Sie eigentlich schon einmal nachgedacht, wie die automatische Belichtungseinstellung an einem Fotoapparat oder an einem Vergrößerungsgerät funktioniert?“ fragt Düsentrieb eine Gruppe von Fotolaboranten. „Sie gehen doch täglich mit der Technik um, und da sollten Sie auch ein bißchen über das Funktionsprinzip Bescheid wissen. Ich habe ein Gerät entwickelt, an dem man die Automatisierung fotografischer Geräte hervorragend studieren kann.“



Düsentrieb baut einen Belichtungsautomaten nach der Abbildung auf, dunkelt den Raum etwas ab und drückt die Taste.

Die Leuchtdiode geht an, bleibt ein paar Sekunden brennen und verlischt dann von selbst wieder.





Daniel Düsentrieb erklärt:

„Das Prinzip ist folgendes: Statt der Leuchtdiode mit ihrem Vorwiderstand wird der Laborant die Lampe des Vergrößerungsgerätes benutzen (sie kann z.B. über das KOSMOS-Netzschaltgerät X angeschlossen werden). Ist das Negativ, das er vergrößern will, ziemlich dunkel, so muß das Fotopapier natürlich länger belichtet werden, als wenn es sich um ein helles Negativ handelt. Ein dunkles Negativ bedeutet aber, daß das Licht der Vergrößerungslampe geschwächt wird, auf den Fototransistor also wenig Licht fällt. Und nun sehen Sie sich das Schaltbild an. Wir erkennen hier ein Monoflop (siehe Versuch 159) mit einem Fototransistor statt des zeitbestimmenden Widerstandes R3. Jetzt wird es klar: wenig Licht macht den Fototransistor nur geringfügig leitend (er wirkt dann wie ein großer Widerstand), und die Belichtungszeit ist lang. Ich simuliere jetzt mal ein helles Negativ, indem ich die Lampe auf den Fototransistor richte."

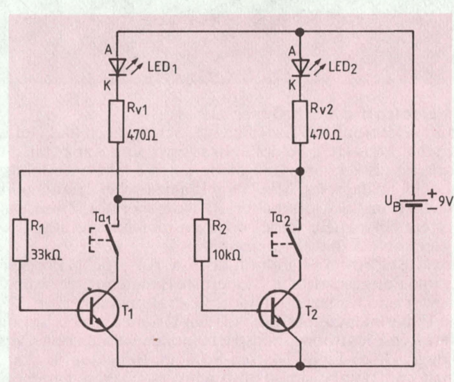
(173) Düsentrieb schaltet eine mäßig helle Schreibtisch- oder Taschenlampe oberhalb des Fototransistors ein und betätigt den Taster.

„Die Einschaltzeit der Leuchtdiode ist wesentlich kürzer: helles Negativ – geringe Belichtungszeit", fährt Düsentrieb fort. „Da der Fototransistor außerordentlich lichtempfindlich ist, sollte man sich für den praktischen Gebrauch aus verschiedenfarbigem bzw. schwarzem Papier kleine Hütchen basteln, von denen man zur Gesamtabschwächung jeweils eines über den Fototransistor stülpt."

Wer ist schneller? Ein elektronischer Reaktionstester

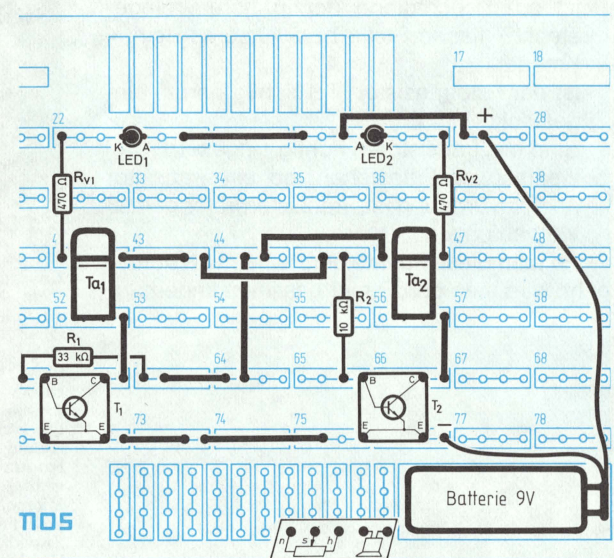
„Wenn Sie wissen wollen, worin das Geheimnis meines unerschöpflichen Ideenreichtums liegt", berichtet Düsentrieb vor dem ‚Club hauptamtlicher Erfinder', „so kann ich Ihnen einen Trick verraten: Ich trainiere meine grauen Gehirnzellen mit einem elektronischen Reaktionstester. Jawohl, auch das habe ich erfunden: ein Gerät, das unbestechlich den Sieger bei einem Reaktionsduell ermittelt. Bitte sehr, hier ist der Plan für den Aufbau."





 Düsentrieb baut den elektronischen Reaktionstester nach der Abbildung auf und erklärt die Spielregeln.

„Jedem Spieler wird vom Spielleiter eine Taste zugeteilt. Zur Taste Ta1 gehört LED1, und zur Taste Ta2 gehört LED2. Die beiden Gegner halten ihren Finger 1cm oberhalb der Taste, der Spielleiter achtet darauf, daß niemand drückt, bevor das Kommando kommt, und zählt ‚eins-zwei-drei' – und blitzschnell muß gedrückt und die Taste unten gehalten werden. Eine Tausendstel Sekunde kann entscheidend sein, aber es wird stets nur die Leuchtdiode des Schnelleren leuchten."



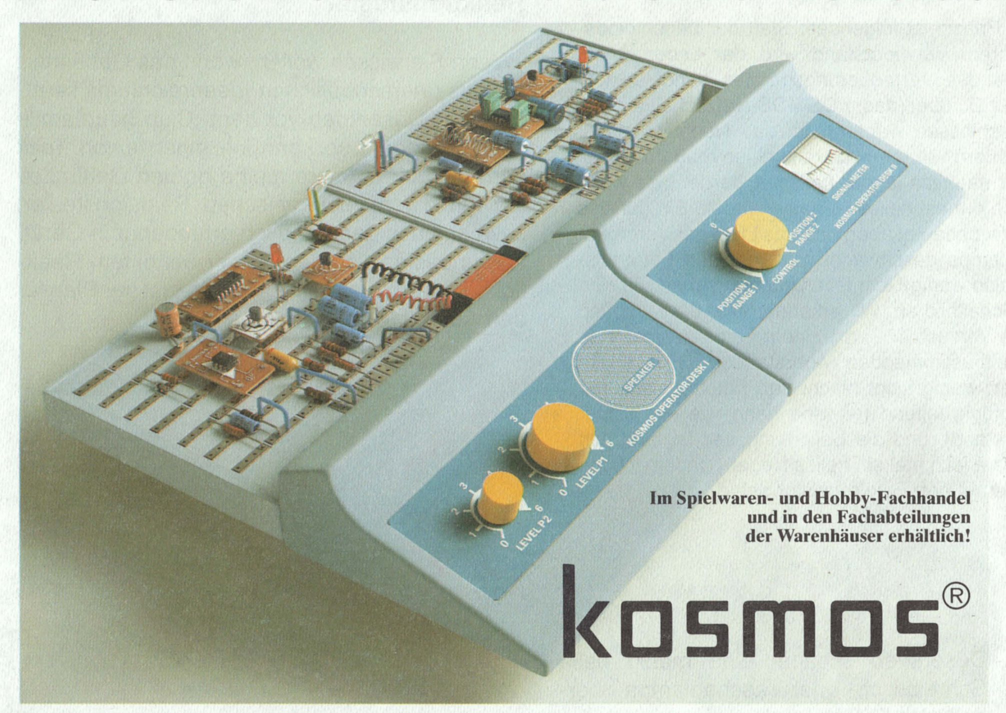
Fehlersuche

Sollte einmal etwas nicht funktionieren, empfiehlt Daniel Düsentrieb, die folgenden Punkte durchzugehen:

Sind alle Bauteile und Drahtbrücken eingesteckt? (Drahtbrücken nachzählen!)
Sind die Elkos richtig gepolt?
Sind die Widerstandswerte richtig? 3,3kΩ (orange-orange-rot) und 33kΩ (orange-orange-orange) sowie 10Ω (braun-schwarz-schwarz), 1kΩ (braun-schwarz-rot) und 100kΩ (braun-schwarz-gelb) können leicht verwechselt werden.
Ist die Batterie richtig herum angeschlossen? (Plus = roter Draht, Minus = schwarzer Draht).
Ist sie noch frisch genug?
Ist die Leuchtdiode richtig herum eingesteckt? (flache Stelle bzw. kürzeres Bein = Katode)
Ist der Fototransistor (T_F) richtig herum eingesteckt?
Sind die Transistoren richtig eingesetzt?
Wenn Zweifel bestehen, ob ein Transistor noch in Ordnung ist, Transistorprüfer gemäß V 32 aufbauen.

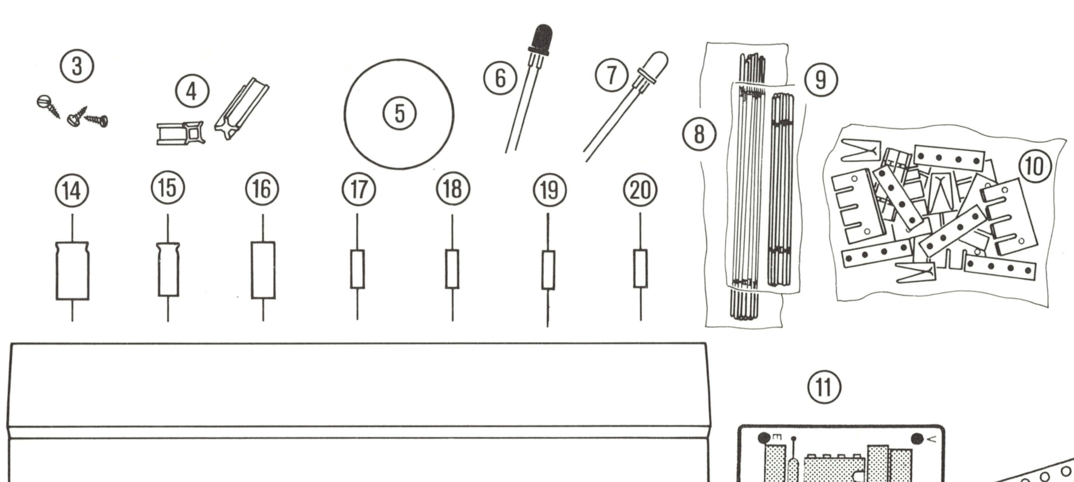
Wenn man diese Punkte der Reihe nach durchgeht, wird man den Fehler bestimmt finden!

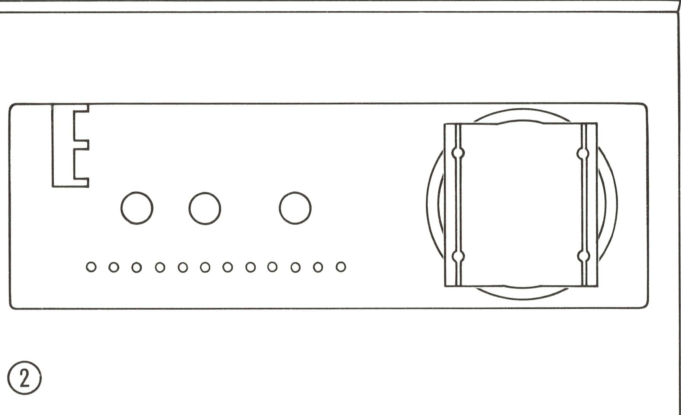
Die neue Kosmos electronic-Generation

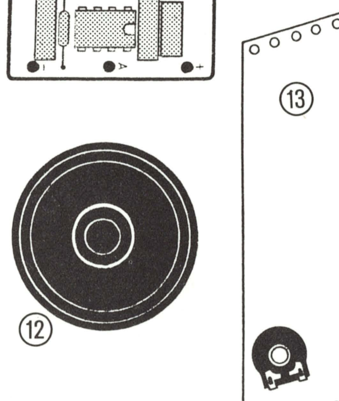


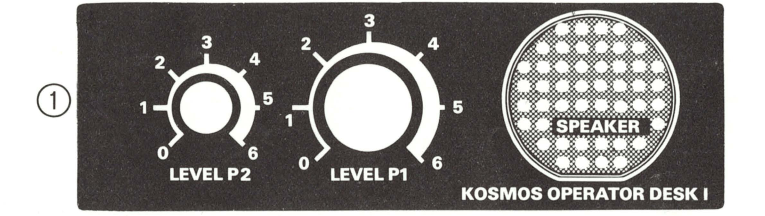
Kosmos electronic X 3000 *specialist*
Mehr als 180 elektronische Experimente, Schaltungen und Geräte, von der einfachen Blinkschaltung bis zum UKW-Radio mit Integriertem Schaltkreis (IC), Feldeffekttransistor und Kapazitätsdiode.
Ohne Vorkenntnisse können mit modernsten Elektronik-Industriebauteilen im Handumdrehen aufgebaut werden: Kojak-Sirene, elektronisches Schlagzeug, Mini-Orgel, akustischer Brandmelder, Lichtschranken-Alarm, Infrarot-Fernbedienung, Temperatur-, Licht-, Magnet- und Sensorschalter, Rauschgenerator, Zweikanal-Lichtorgel, UKW-Radio und vieles mehr. Zusätzlich erforderlich: ein 9 V-Energieblock IEC 6 F 22 oder Kosmos-Netzgerät X. **Best.-Nr. 617311**

Kosmos electronic X 4000 *professional*
Das komplette electronic-Labor für höchste Ansprüche. Fortschrittliche Technik, ausgewogen dargestellt in Theorie und Praxis. Für Anfänger und Fortgeschrittene. Modernste Bauelemente wie npn- und pnp-Transistoren, Leuchtdioden (LED), Infrarot-Sendediode, Fototransistor und Kapazitäts-Diode, Operationsverstärker (IC), Vierfach-Digitalbaustein (IC), Meßinstrument und vieles andere mehr. Ein Experimentalkurs, der von den Grundlagen bis hin zur Computer-Logik führt.
Mit modernsten Elektronik-Industriebauteilen werden ohne Vorkenntnisse im Handumdrehen aufgebaut: Radio mit Lautsprecher, Lauschanlage, Disco-Light, Klatsch-Schalter, Belichtungsautomat, Alarmgeräte, elektronische Musikinstrumente, Reaktionstester, Zweiklanghorn, Rennradsimulator, Lichtverstärker, Schattenorgel und vieles mehr. Zusätzlich erforderlich: ein 9 V-Energieblock IEC 6 F 22 oder Kosmos-Netzgerät. **Best.-Nr. 617411**









Teil **Pièce**	**Bestell Nr.** **N° de commande**
1. Dekorplatte DESK I Plaque de décoration DESK I	60-7001.6
2. Schaltpult Pupitre de commande	60-7015.7
3. Drei Zylinderblechschrauben je Trois vis cylindriques en fer blanc	60-2018.8
4. Zwei Verbindungsstifte je Deux goupilles de connexion	60-8372.7
5. Drehknopf Bouton rotatif	60-8371.7
6. Leuchtdiode (LED) Diode luminescente (LED)	60-0205.8
7. Fototransistor (T_F) Phototransistor (T_F)	60-0211.8
8. Beutel lange Drahtbrücken Sachet de fils longs	60-0029.2
9. Beutel kurze Drahtbrücken Sachet de fils courts	60-0028.2
10. Beutel Steckfedern Sachet de fiches-ressort	60-0061.2
11. Verstärker-Modul Module amplificateur	60-4303.6
12. Lautsprecher Haut-parleur	60-4201.6
13. Poti-Modul (P1) Module de potentiomètre (P1)	60-4302.6
14. Elektrolytkondensator 1 µF Condensateur electrolytique 1 µF	60-0305.8
15. Elektrolytkondensator 10 µF Condensateur électrolytique 10 µF	60-0335.8
16. Kondensator 100 nF (0,1 µF) Condensateur 100 nF (0,1 µF)	60-0312.8
17. Widerstand 10 Ω Résistance 10 Ω	60-0450.8
18. Widerstand 100 Ω Résistance 100 Ω	60-0428.8
19. Widerstand 3,3 kΩ Résistance 3,3 kΩ	60-0437.8
20. Widerstand 10 kΩ Résistance 10 kΩ	60-0431.8

Farbe Couleur		1. Ring 1ère bague (1. Ziffer) (1er chiffre)	2. Ring 2ème bague (2. Ziffer) (2ème chiffre)	3. Ring 3ème bague (Zahl der Nullen) (nombre de zéros)	4. Ring 4ème bague (Toleranz) (tolérance)
schwarz noir		0	0	—	—
braun brun		1	1	0	± 1%
rot rouge		2	2	00	± 2%
orange orange		3	3	000	
gelb jaune		4	4	0 000	
grün vert		5	5	00 000	
blau bleu		6	6	000 000	
violett violet		7	7		
grau gris		8	8		
weiß blanc		9	9		
	ohne Ring sans bague				± 20%
Manchmal parfois	gold or			× 0,1	± 5%
auch aussi	silber argent			× 0,01	± 10%

Farben / Couleurs	Wert
braun–schwarz–schwarz brun–noir–noir	10 Ω
braun–schwarz–braun brun–noir–brun	100 Ω
gelb–violett–braun jaune–violet–brun	470 Ω
braun–schwarz–rot brun–noir–rouge	1 kΩ
orange–orange–rot orange–orange–rouge	3,3 kΩ
grün–blau–rot vert–bleu–rouge	5,6 kΩ
braun–schwarz–orange brun–noir–orange	10 kΩ
braun–grün–orange brun–vert–orange	15 kΩ
orange–orange–orange orange–orange–orange	33 kΩ
braun–schwarz–gelb brun–noir–jaune	100 kΩ
rot–rot–gelb rouge–rouge–jaune	220 kΩ
blau–grau–gelb bleu–gris–jaune	680 kΩ

